

**ALIMENTACIÓN Y DISPARO AUTOMÁTICO DE UNA TROQUELADORA DE  
LÁMINAS DE FERRO SILICIO PARA TRANSFORMADORES DE EQUIPOS DE  
SOLDADURA ELÉCTRICA.**

ALEJANDRO LOPERA JARAMILLO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIARÍA  
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA  
INGENIERÍA MECATRÓNICA  
SANTIAGO DE CALI  
2005

ALIMENTACIÓN Y DISPARO AUTOMÁTICO DE UNA TROQUELADORA DE  
LÁMINAS DE FERRO SILICIO PARA TRANSFORMADORES DE EQUIPOS DE  
SOLDADURA ELÉCTRICA.

ALEJANDRO LOPERA JARAMILLO.

Trabajo de pasantia para optar el titulo de Ingeniero Mecatrónico

Director

CARLOS EDUARDO CASTRILLON  
Ingeniero Electrónico  
Master en ingeniería electrónica y de computación

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIARÍA  
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA  
INGENIERÍA MECATRÓNICA  
SANTIAGO DE CALI  
2005

**Nota de aceptación:**

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar el título de Ingeniero Mecatrónico.

Ing. CARLOS EDUARDO CASTRILLON

---

Director

Santiago de Cali, 24 febrero 2006

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
GLOSARIO	17
RESUMEN	18
INTRODUCCIÓN	19
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
2. OBJETIVOS	21
2.1 OBJETIVO GENERAL	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL DISPOSITIVO	22
4. ESPECIFICACIONES TEÓRICAS DEL DISPOSITIVO	23
5. GENERACIÓN DE CONCEPTOS	24
5.1 SISTEMA MECÁNICO	24
5.1.1 Descomposición funcional del sistema mecánico	24
5.1.2 Búsqueda de conceptos	24

5.1.2.1 Sistema para alimentar “introducir” la lamina continuamente a la troqueladora	25
5.1.2.1.1 Gráficos y descripciones de los conceptos	25
5.1.2.2 Sistema para proporcionar la potencia	27
5.1.2.2.1 Gráficos y descripciones de los conceptos	27
5.1.2.3 Sistema para la transmisión de potencia	29
5.1.2.3.1 Gráficos y descripciones de los conceptos	29
5.1.2.4 Chasis o estructura	31
5.1.2.4.1 Gráficos y descripciones de los conceptos	31
5.1.2.5 Sistema para el disparo de la troqueladora	32
5.1.2.5.1 Gráficos y descripciones de los conceptos	33
5.1.2.6 Sistema para soportar y sujetar el carrete de lamina continua	34
5.1.2.6.1 Gráficos y descripción de los conceptos	34
5.1.3 Selección de conceptos del sistema mecánico	38
5.1.3.1 Sistema para “alimentar” introducir continuamente la Lamina en la troqueladora	38

5.1.3.2 Sistema para proporcionar la potencia	38
5.1.3.3 Sistema para transmisión de potencia	39
5.1.3.4 Chasis o estructura	40
5.1.3.5 Sistema para el disparo de la troqueladora	40
5.1.3.6 Interacción con el usuario	41
5.1.4 Combinación de conceptos	42
5.2 GENERACIÓN DE CONCEPTOS	43
5.2.1 Sistema electrónico	43
5.2.1.1 Descomposición funcional del sistema electrónico	43
5.2.2 Diagrama de bloques del sistema electrónico	44
5.2.3 Búsqueda de conceptos	44
5.2.4 Gráficos y descripción de los conceptos	44
5.2.4.1 Fuentes de voltaje	44
5.2.4.2 PWM para el motor DC	45

5.2.4.3	Sistema lógico de procesamiento y control	46
5.2.4.4	Instrumentación	48
5.2.4.5	Métodos de control	49
5.2.4.6	Interacción con el usuario	51
5.2.5	Selección de conceptos del sistema eléctrico y electrónico	52
6.	DISEÑO DETALLADO	55
6.1	SISTEMA MECÁNICO	55
6.1.1	Selección de materiales	55
6.1.2	Rodamiento para los rodillos	57
6.1.3	Selección del motor	58
6.1.4	Diseño del soporte para el motor y acoplamiento de la cadena y los piñones	60
6.1.5	Diseño de las bandejas de entrada y salida de lamina	62
6.1.6	Diseño de la estructura	63
6.1.7	Diseño del mecanismo de acople con la troqueladora	63

6.1.8	Diseño del soporte para el carrito de lámina	64
6.1.9	Diseño del mecanismo de disparo	65
6.2	SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	67
6.2.1	Descripción de la fuente de voltaje y del PWM	67
6.2.2	Circuito impreso de la fuente y los drivers	68
6.2.3	Técnica de control	69
6.2.4	Instrumentación	70
6.2.5	Interacción con el usuario	72
6.2.5.1	Layout del panel de control	73
7.	DISEÑO INDUSTRIAL	74
7.1	DISEÑO DE LOS GABINETES PROTECTORES	74
7.2	DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS EN LA PLANTA	75
8.	PROTOTIPADO	77
8.1	PROTOTIPADO VIRTUAL DEL SISTEMA MECÁNICO	77



8.2 SIMULACIONES ELECTRÓNICAS	80
9. CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO	82
9.1 PRUEBAS Y AJUSTES A CADA UNO DE LOS SISTEMAS	82
10. RESULTADOS	87
11. CONCLUSIONES	89
BIBLIOGRAFÍA	90
ANEXOS	91

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01. Numeración y calificación las necesidades del dispositivo	22
Tabla 02. Especificaciones del dispositivo	23
Tabla 03. Grupos funcionales del sistema mecánico	24
Tabla 04. Tabla de calificación de conceptos	38
Tabla 05. Tabla de calificación de conceptos	39
Tabla 06. Tabla de calificación de conceptos	40
Tabla 07. Tabla de calificación de conceptos	40
Tabla 08. Tabla de calificación de conceptos	41
Tabla 09. Tabla de calificación de conceptos	41
Tabla 10. Sistemas funcionales de la parte Electrónica	43
Tabla 11. Tabla de calificación de conceptos	52
Tabla 12. Tabla de calificación de conceptos	52
Tabla 13. Tabla de calificación de conceptos	53
Tabla 14. Tabla de calificación de conceptos	54
Tabla 15. Características mecánicas de los perfiles en ángulo con alas iguales	56
Tabla 16. Tabla con las características de los rodamientos seleccionados	57
Tabla 17. Relaciones de Velocidad angular y lineal	59
Tabla 18. Relaciones de Velocidad angular y lineal	60
Tabla 19. Tabla para calcular datos del sensor	70

Tabla 20. Configuración de los pines de salida del sensor	71
Tabla 21. Especificaciones mecánicas del encoder óptico	72
Tabla 22. Especificaciones finales del dispositivo	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 01. Concepto de halado mediante rodillos	25
Figura 02. Mecanismo de halado de una maquina	26
Figura 03. Concepto de Halado mediante piñones y bielas	26
Fig 04. Motores eléctricos	28
Figura 05. Motores neumáticos	28
Figura 06. Concepto de poleas	30
Figura 07. Concepto de correas dentadas	30
Figura 08. Concepto de cadena y piñón	31
Figura 09. Ejemplo de estructura modular	32
Figura 10. Ejemplo de estructura integral	32
Figura 11. Motores Lineales	33
Figura 12. Pistón neumático	34
Figura 13. Concepto de carrete de lámina en posición vertical	35
Figura 14. Concepto de carrete de lámina en posición horizontal	35
Figura 15. Concepto de rodamiento por cojinete deslizante	36
Figura 16. Concepto de rodamiento de bolas	37
Figura 17. Combinación de los conceptos	42
Figura 18. Diagrama de bloques del sistema electrónico	44
Figura 19. Concepto de fuentes de voltaje	45

Figura 20. Modulación del ancho de pulso	46
Figura 21. Controladores lógicos programables	46
Figura 22. Sistemas embebidos	47
Figura 23. Microprocesadores	47
Figura 24. Monitoreo y mando Por PC	48
Figura 25. Sensores análogos	48
Figura 26. Sensores Digitales	49
Figura 27. Concepto de Controlador PID	49
Figura 28. Conceptos de interacción con el usuario	51
Figura 29. Rodillos de caucho junto con las chumaceras	58
Figura 30. Imagen del motor utilizado	60
Figura 31. Soportes para el motor	61
Figura 32. Transmisión por cadena	61
Figura 33. Bandejas para la lámina	62
Figura 34. Estructura de la maquina	63
Figura 35. Soporte para el carrete de lámina	64
Figura 36. Soporte para el carrete de lámina	64
Figura 37. Circuito neumático implementado	65
Figura 38. Válvulas neumáticas	65
Figura 39. Descripción del Cilindro implementado	66
Figura 40. Circuito impreso diseñado en el software “EAGLE”	68
Figura 41. Circuito en baquelita grabado mediante Fotomecánica	68

Figura 42. Encoder óptico implementado	71
Figura 43. Layout del panel de control	73
Figura 44. Estructura con todos los Electos ensamblados	74
Figura 45. Cubierta de lámina para proteger la maquina	74
Figura 46. Panel de control implementado	75
Figura 47. Distribución de los dispositivos en la planta	76
Figura 48. Prototipo virtual	77
Figura 49. Troqueladora	78
Figura 50. Troquel	78
Figura 51. Troqueladora y alimentador Automático	79
Figura 52. Soporte para el carrete	80
Figura 53. Alimentador Terminado	84
Figura 54. Mecanismo de enganche acoplado con el alimentador	85
Figura 55. Giro del mecanismo de enganche	85
Figura 56. Aprisionador de la lámina contra la bandeja	86
Figura 57. Mecanismo distanciador de los rodillos	70
Figura 58. Mecanismo para el disparo de la troqueladora	71

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo AA. Planos de la estructura mecánica	91
Anexo AB. Planos de la estructura mecánica	92
Anexo AC. Planos de la estructura mecánica	93
Anexo AD. Planos de la estructura mecánica	94
Anexo AE. Planos de la estructura mecánica	95
Anexo AF. Planos de la estructura mecánica	96
Anexo AG. Planos de la estructura mecánica	97
Anexo AH. Planos de la estructura mecánica	98
Anexo AI. Planos de la estructura mecánica	99
Anexo AJ. Planos de la estructura mecánica	100
Anexo AK. Planos de la estructura mecánica	101
Anexo AL. Planos de la estructura mecánica	102
Anexo AM. Planos de la estructura mecánica	103
Anexo AO. Planos de la estructura mecánica	104
Anexo AP. Planos de la estructura mecánica	105
Anexo AQ. Planos de la estructura mecánica	106
Anexo AR. Planos de la estructura mecánica	107
Anexo AS. Planos de la estructura mecánica	108
Anexo AT. Planos de la estructura mecánica	109

Anexo AU. Planos de la estructura mecánica	110
Anexo AW. Planos de la estructura mecánica	111
Anexo AX. Planos de la estructura mecánica	112
Anexo AY. Planos de la estructura mecánica	113
Anexo AZ. Características eléctricas del transistor IRF830	114
Anexo BA. Diagrama esquemático de la fuente y los drivers hoja1	115
Anexo BB. Diagrama esquemático de la fuente y los drivers hoja2	116
Anexo BC. Diagrama esquemático de la tarjeta de control	117
Anexo BD. Diagrama de bloques del proceso de fabricación de equipos de Soldadura	118



## GLOSARIO

**PWM** el método de PWM consiste en encender el motor en una serie de pulsos. Para controlar la velocidad de un motor se varía (modula) la anchura de los pulsos y así cambia su el voltaje promedio.

**SOLENOIDE** es un Hilo metálico enrollado en hélice sobre un cilindro, que cuando es recorrido por una corriente eléctrica, crea un campo magnético comparable al de un imán recto.

El solenoide es un actuador, que funciona en base a magnetismo.

**MICROPROCESADOR** es un circuito integrado construido en un pedazo diminuto de silicón. Contiene miles, o incluso millones, de transistores que se interconectan vía los rastros extrafinos de aluminio. La función de los transistores es guardar y manipular datos juntos para que el microprocesador pueda realizar una variedad ancha de funciones útiles.

**LÓGICA DIFUSA** o Lógica Fuzzy es una forma de razonamiento lógico que permite incorporar en los sistemas de automatización esquemas de razonamiento típicamente humanos.

**MOTOR LINEAL** consiste en un elemento primario, donde se encuentran los devanados, y un elemento secundario que se extiende a lo largo de la distancia que se va a recorrer, aportando como ventaja la posibilidad de poder disponer de varios primarios sobre un mismo secundario. Al igual que en el caso de los motores rotatorios, pueden existir modelos síncronos y asíncronos. Junto con las guías lineales, el sistema de medida lineal y el regulador electrónico forman el conjunto activo de accionamiento lineal.

**PLC** (controlador logico programable) son computadores para ambientes industriales que cuentan con una amplia gama de prestaciones; entradas y salidas digitales, módulos de expansión, entradas y salida análogas, módulos para conexión en red, monitoreo y mando por computador, programación grafica por computador entre otros.

## **RESUMEN**

Son muchas las Empresas Colombianas que tienen un bajo nivel de automatización en los equipos y procesos, por eso se hace necesario que existan profesionales en el mercado capaces de brindar soluciones integrales que permitan brindar conocimientos para el crecimiento de la industria y mejorar así la calidad de vida de las personas que la conforman.

Actualmente en Cali, existen empresas encargadas de realizar automatismos para las grandes empresas como por ejemplo, ingenios azucareros, cementeras, ensambladoras de auto partes, industrias del papel, pero la pequeña y median industria poco invierten en dichos aspectos por que se considera que el costo de esta implementación es muy alto, pero la verdad es que por lo general no se hace un estudio financiero a corto y largo plazo, donde se muestre los beneficios rentables de la automatización.

## INTRODUCCIÓN

La empresa SAGER S.A. en la carrera por la competitividad y mejora de la producción, se vio en la necesidad de contar con algunos automatismos en los procesos, esto conlleva a mejorar las condiciones laborales de las personas encargadas de manejar dichos procesos. Para este fin se decidió contar con la ayuda de un estudiante de ingeniería Mecatrónica en calidad de pasantía, beneficiándose ambas partes, tanto el estudiante como la empresa.

Este trabajo pretende mostrar todo un esquema estructurado acerca de lo que se pretende lograr tanto en la empresa (Solución tecnológica a un problema) como en la universidad (Optativa de grado)

La solución implementada consistió en el diseño e implementación de en una maquina que permite introducir lamina en una troqueladora con diferentes 5 diferentes longitudes programables y además activa el mecanismo de disparo para cada unidad producida, de manera que este proceso funcione de manera automática.

En los primeros capítulos se abordan los temas introductorios concernientes a este documento, objetivos, planteamiento del problema, y descripciones generales de lo que se pretende mostrar, mas se mas adelante se muestra un esquema estructurado de diseño desarrollado fase a fase, donde se documentan todas las decisiones de diseño y la manera como se implementaron, y en los últimos capítulos se detallan los resultados obtenidos.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se tiene un proceso de corte y troquelado de láminas de ferro silicio, que sirven para construir los núcleos de los transformadores de inductancia variable, para los equipos de soldadura eléctrica, dicho procedimiento es actualmente el cuello de botella en todo el proceso.

Se requiere de un operario que se dedique a este proceso, que se lleva a cabo en forma totalmente manual causando los siguientes problemas:

- Es un proceso tedioso y repetitivo.
- Se gasta un tiempo considerable para la fabricación de un solo núcleo
- Este proceso puede resultar peligroso si el operario se descuida
- Para accionar el pedal se requiere aplicarle una fuerza de 8 kilos.

Cada equipo de soldadura eléctrica cuenta con un numero bastante grande de laminas, 3033 unidades, esto significa que el operario debe halar e introducir la lamina, después accionar el pedal con bastante fuerza 3033 veces por núcleo producido.

Debido a la laga experiencia del operario, logra troquelar esta cantidad en 6 horas y treinta minutos.

Por todos los inconvenientes que se tienen al llevar a cabo este proceso de forma manual, los directivos de la empresa decidieron que sería muy útil implementar una solución tecnológica para este problema.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 GENERAL**

Diseñar y Construir un dispositivo de alimentación y disparo automático de una troqueladora de láminas de ferro silicio para transformadores de equipos de soldadura eléctrica.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Diseñar y Construir un alimentador automático para una troqueladora de lámina continua de ferro silicio de ancho 60mm y espeso 0.27mm.
- Rediseñar el sistema de sujeción del carrete de lámina continúa.
- Diseñar y construir un disparador automático que accione el troquel.
- Diseñar un dispositivo que permita contar el número de piezas fabricadas.
- Diseñar un panel de control para interactuar con el operario.

### 3. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL DISPOSITIVO

Tabla 01. Numeración y calificación las necesidades del **dispositivo**

No	NECESIDAD	imp.
1	El dispositivo funcionara automáticamente.	5
2	El dispositivo funcionara bien bajo las condiciones de la planta.	5
3	El dispositivo será fácil de manipular.	4
4	El dispositivo tendrá una interfaz con el usuario amigable y sencilla	4
5	El dispositivo funcionara durante varias horas al día.	5
6	El dispositivo incorporara protecciones para el usuario.	5
7	El dispositivo será de fácil mantenimiento y reparación.	4
8	El dispositivo implementara algún elemento para mostrar el numero de piezas fabricadas	5
9	El dispositivo no estorbará al operario cuando desee reparar la troqueladora	4
10	El dispositivo estará protegido contra el polvo	4
11	El dispositivo tendrá una apariencia agradable	4

Los datos mostrados en la tabla anterior fueron obtenidos en entrevistas con el operario de la maquina y con el director de la pasantia en la empresa.

#### 4. ESPECIFICACIONES TEÓRICAS DEL DISPOSITIVO

Tabla 02. Valores de las especificaciones del dispositivo

<b>Necesidad</b>	<b>Métrica</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Marginal</b>	<b>Valor ideal</b>
<b>1,5</b>	Consumo de potencia:	<b>Kw/h</b>	<b>100</b>	<b>80</b>
<b>1</b>	Velocidad de producción:	<b>Laminas/min</b>	<b>20</b>	<b>60</b>
<b>7, 8,9,10,11</b>	Peso:	<b>Kg</b>	<b>30</b>	<b>25</b>
<b>9,10,11</b>	Volumen:	<b>A*L*H</b>	<b>60*50*40</b>	<b>50*40*30</b>
<b>1,5,8,10</b>	Máximo horas trabajo continuo:	<b>horas</b>	<b>5</b>	<b>8</b>

## 5. GENERACIÓN DE CONCEPTOS

### 5.1 SISTEMA MECÁNICO

#### 5.1.1 Descomposición funcional del sistema mecánico

Tabla 03. Grupos funcionales del sistema mecánico

Sistema Mecánico
1. Sistema para alimentar “introducir” la lamina continuamente a la troqueladora
2. Sistema para proporcionar la potencia
3. Sistema para la transmisión de potencia
4. Chasis o Estructura (Materiales)
5. Sistema para el disparo de la troqueladora
6. Sistema para soportar y sujetar el carrete de lamina continua

**5.1.2 búsqueda de conceptos.** La búsqueda de conceptos se realizó teniendo en cuenta las siguientes Fuentes:

- Benchmarking
- Patentes
- Libros
- Consultas con personas conocedoras del tema.



### 5.1.2.1 Sistema para alimentar “introducir” la lamina continuamente a la troqueladora. Resultados de la búsqueda;

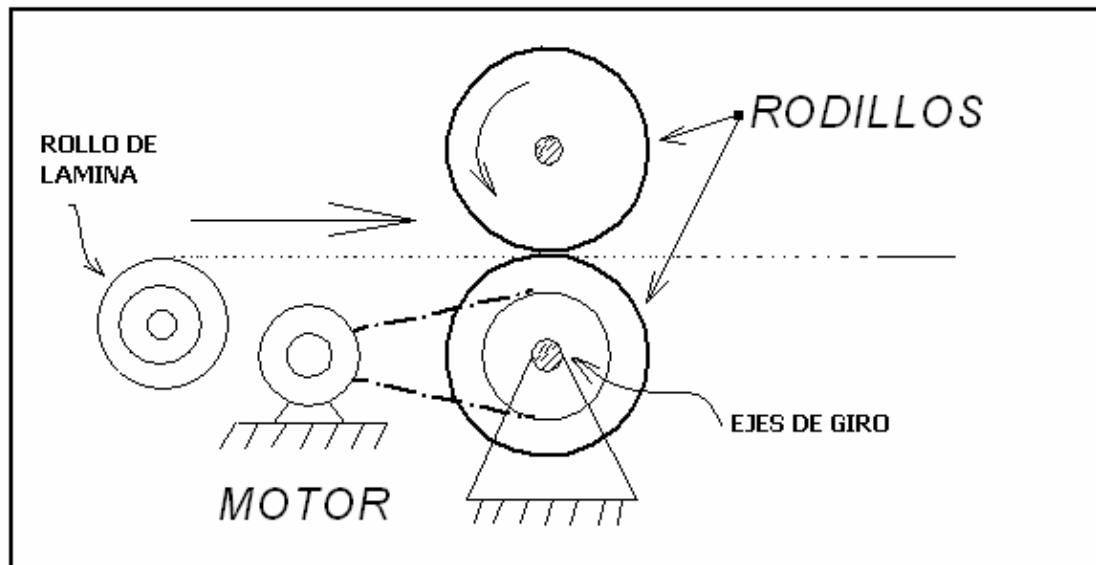
Conceptos:

- Halado mediante rodillos
- Halado mediante piñones y bielas

#### 5.1.2.1.1 Gráficos y descripción de los conceptos

- **Concepto de halado mediante rodillos**

Figura 01. Concepto de halado mediante rodillos



Descripción: Este es el sistema mas utilizado para introducir material en forma de lamina continua a las diferentes maquinas que se encargan de procesarlo, su funcionamiento es muy sencillo: se basa en dos rodillos, los cuales se posicionan de tal manera que queden aprisionando el material, de modo que si uno de los dos o los dos rodillos giran en su eje, el material será obligado a fluir, debido a la fricción existente.

Los materiales de los rodillos varían según su función, por ejemplo se encontró que cuando se desea que exista deslizamiento entre los rodillos y el material, se usan materiales como el acero plata, o el bronce. En el caso en que no se desee

deslizamiento se usan polímeros especiales como el nylon, caucho vulcanizado, o resinas entre otros.

Cuando se desea una alta tracción del material, la potencia se suministra a ambos rodillos al mismo tiempo.

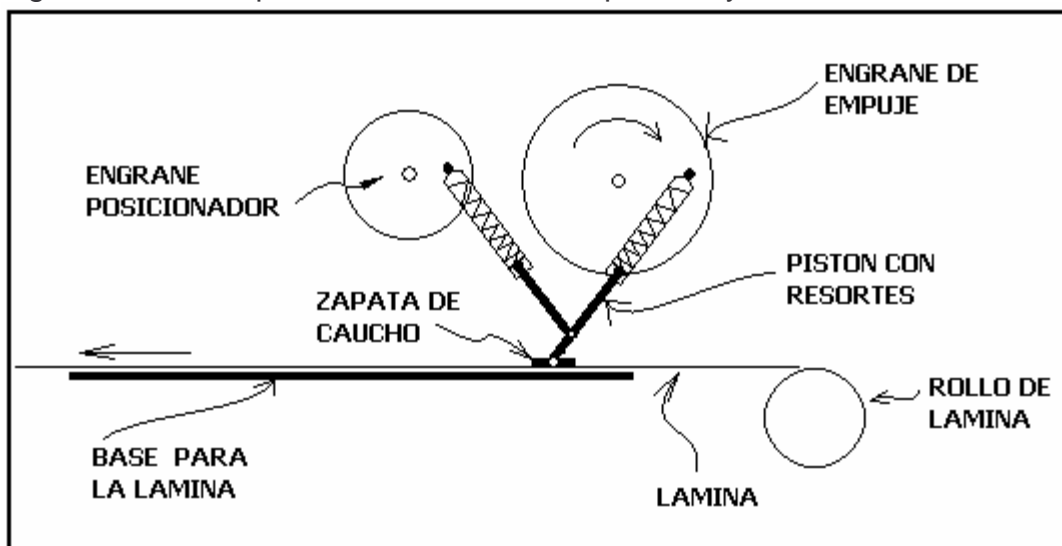
Figura 02. Mecanismo de halado de una máquina



En la Figura 02 se muestra el mecanismo de halado de una máquina, que sirve para enderezar alambre.

- **Concepto de halado mediante piñones y bielas**

Figura 03. Concepto de Halado mediante piñones y bielas



Descripción: Este mecanismo se utiliza cuando la longitud del material con que se desea trabajar es fija y nunca cambia, la fuerza para empujar la lamina la provee el engrane de empuje que a su vez la trasmite por medio del pistón hasta la zapata de caucho, la cual se encarga de halar la lamina mediante fricción, la longitud del pistón cambia y para ello posee resortes y un tubo guía. La zapata no siempre esta en contacto con la lamina, hay que esperar a que el engrane de empuje gire nuevamente para que halla contacto. El engrane posicionador determina cuando la zapata baja y sube para halar la lamina.

La base para la lámina debe ser de un material con muy baja fricción ya que la lámina deberá deslizar fácilmente sobre este.

Para este mecanismo es muy importante calcular exactamente las geometrías de los componentes, debido a que de esto depende la longitud de la lamina que será introducida en la maquina.

#### **5.1.2.2 Sistema para proporcionar la potencia Conceptos**

- Motor reductor eléctrico AC o DC
- Motor neumático

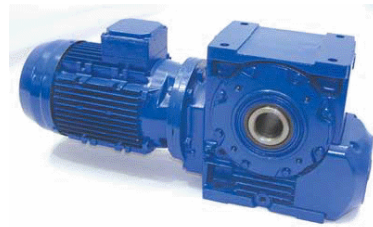
##### **5.1.2.2.1 Gráficos y descripción de los conceptos**

- Motor reductor eléctrico AC o DC

Figura 04. Motores eléctricos



DC motor

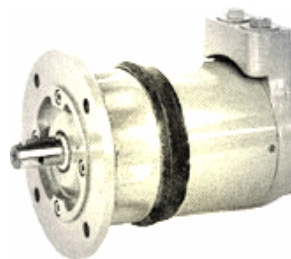


AC motor

Descripción: Los motores eléctricos ya sean de corriente continua o de corriente alterna son bastante utilizados hoy en día para todo tipo de aplicaciones. Estos motores vienen equipados con diferentes mecanismos de reducción de su velocidad angular, lo que permite aumentar el troqué de salida y tener velocidades mas controlables.

- Motor neumático

Figura 05. Motores neumáticos



Descripción: Estos motores se encargan de transformar la energía neumática en energía mecánica rotacional, se usan en aplicaciones con ambientes peligrosos como bombas de gas o líquidos inflamables, en la minería entre otros. Para su operación se debe controlar el flujo y la presión del aire que se le suministra mediante válvulas y reguladores especiales.

### 5.1.2.3 Sistema para la transmisión de potencia Conceptos:

- Engranés
- Poleas
- Correas dentadas
- Cadena y piñones

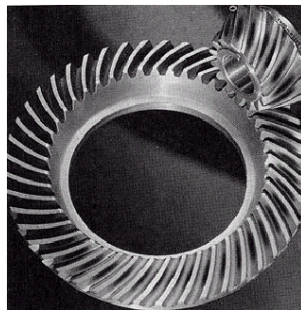
#### 5.1.2.3.1 Gráficos y descripción de los conceptos

- **Engranés**

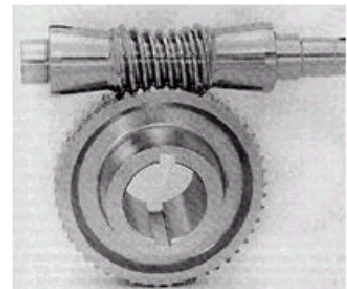
Figura 05b. Engranés



Engrane Recto



Engrane cónico helicoidal



Engrane tornillo sin fin corona

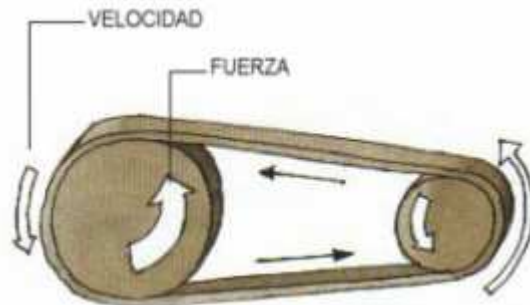
Los engranes (engranajes) sirven para transmitir par de torsión y velocidad angular en una amplia variedad de aplicaciones

Los engranajes son ruedas provistas de dientes que posibilitan que dos de ellas se conecten entre sí.

Para trabajar con engranes se usa la Norma AGMA American gear manufacturers association.

- **Poleas**

Figura 06. Concepto de poleas



La rueda mayor tiene una circunferencia el doble de grande que la rueda pequeña. También, gira con fuerza dos veces mayor y la mitad de velocidad, pero lo hace en la misma dirección.

- **Correas dentadas**

Figura 07. Concepto de correas dentadas

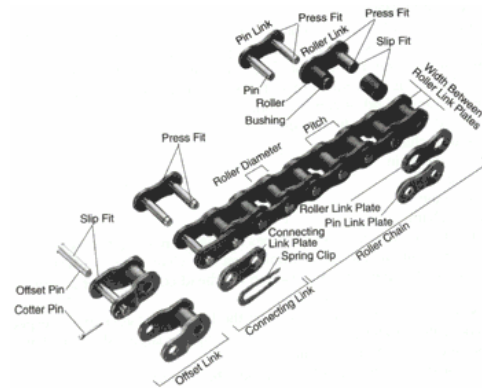
**optibelt ZRM/ZRP/ZRL**



Las correas dentadas tienen una parte inferior corrugada que reduce la pérdida de energía causada por la combadura. Puesto que incluso las correas de tamaño grande son flexibles, las correas de transmisión dentadas se usan frecuentemente en vehículos con motor diesel como pueden ser camiones y autobuses.

- **Cadena y piñón**

Figura 08. Concepto de cadena y piñón



Una cadena es un componente confiable de una máquina, que transmite energía por medio de fuerzas extensibles, y se utiliza sobre todo para la transmisión y transporte de energía en los sistemas mecánicos. La función y las aplicaciones de la cadena son similares a la de una correa.

La cadena de rodillo de acero está formada por una serie de piezas de revolución que actúan como cojinetes, estando situados cada conjunto a una distancia precisa del otro mediante otras piezas planas llamadas placas. El conjunto cojinete está formado por un pasador y un casquillo sobre el que gira el rodillo de la cadena. El pasador y el casquillo son cementados para permitir una articulación bajo presiones elevadas, y para soportar las presiones generadas por la carga y la acción de engrane impartida a través de los rodillos de cadenas, generalmente las placas exteriores e interiores se someten a un proceso de templado para obtener una mayor tenacidad.

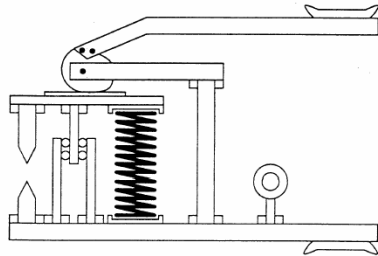
#### 5.1.2.4 Chasis o Estructura Conceptos:

- Estructura Modular
- Estructura Integral

##### 5.1.2.4.1 Gráficos y descripción de los conceptos

- Estructura Modular

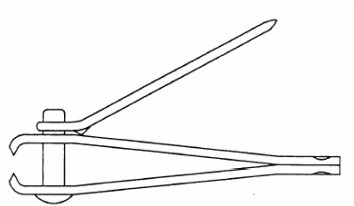
Figura 09. Ejemplo de estructura modular



Los componentes se unen de tal manera que cada uno cumpla una función específica y sus tareas están bien definidas, Esto permite que el ensamble y el desensamble sea fácil y que en el caso de algún daño se pueda suplir el componente determinado sin afectar todo el conjunto.

- Estructura Integral

Figura 10. Ejemplo de estructura integral



Los componentes cumplen mas de una función específica, esto optimiza los espacios y disminuye el numero de piezas de una maquina.

#### 5.1.2.5 Sistema para el disparo de la troqueladora Conceptos:

- Motor lineal
- Mecanismo con Solenoide.
- Pistón neumático.



#### 5.1.2.5.1 Gráficos y descripción de los conceptos.

- **Motor lineal**

Figura 11. Motores Lineales



Estos motores se encargan de transformar la energía eléctrica en energía mecánica traslacional.

Un motor lineal consiste en un elemento primario, donde se encuentran los devanados, y un elemento secundario que se extiende a lo largo de la distancia que se va a recorrer, aportando como ventaja la posibilidad de poder disponer de varios primarios sobre un mismo secundario. Al igual que en el caso de los motores rotatorios, pueden existir modelos síncronos y asíncronos. Junto con las guías lineales, el sistema de medida lineal y el regulador electrónico forman el conjunto activo de accionamiento lineal.

- **Mecanismo de Solenoide.**

Figura 11. Solenoides

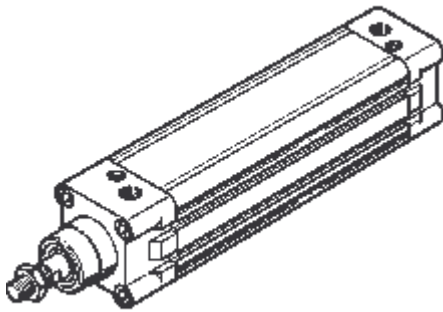


Un solenoide es un Hilo metálico enrollado en hélice sobre un cilindro, que cuando es recorrido por una corriente eléctrica, crea un campo magnético comparable al de un imán recto.

El solenoide es un actuador, que funciona en base a magnetismo.

- **Pistón neumático**

Figura 12. Pistón neumático



Estos dispositivos se encargan de transformar la energía neumática en energía trasnacional, Actualmente existen muchos tipos de pistones en la actualidad como: de simple o de doble efecto, normalmente contraídos o extendidos, doble o simple vástago, carrera ajustable.

#### **5.1.2.6 Sistema para soportar y sujetar el carrete de lámina continúa.**

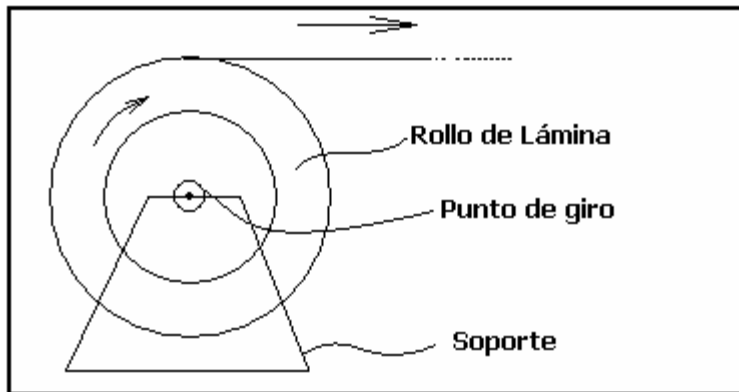
Conceptos:

- Posición vertical
- Posición Horizontal
- Rodamiento por cojinete deslizante
- Rodamiento con balinera

##### **5.1.2.6.1 Gráficos y descripción de los conceptos**

- **Posición vertical**

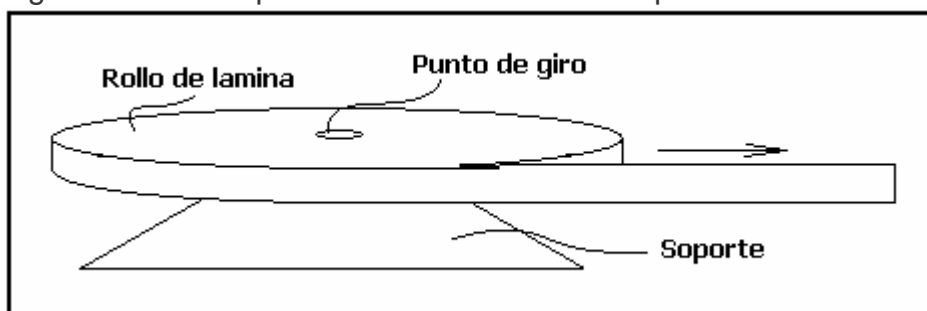
Figura 13. Concepto de carrete de lámina en posición vertical



Descripción: En este grafico se observa el carrete en posición vertical, El soporte deberá estar a una altura suficiente para que el carrete no toque el suelo, además es importante incorporar un sistema de sujeción para que este no se vaya a desprender y cause un accidente.

- **Posición Horizontal**

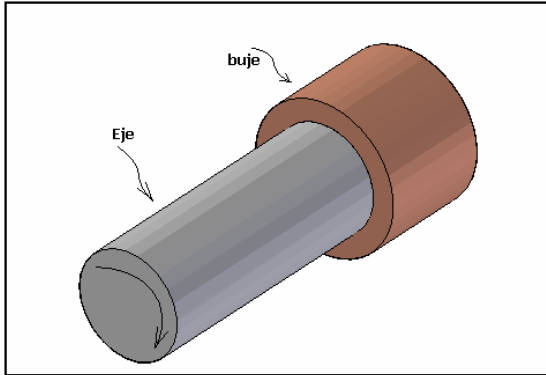
Figura 14. Concepto de carrete de lámina en posición horizontal



Descripción: En este grafico se observa el carrete en posición horizontal, El soporte puede tener cualquier altura debido a que el carrete no tocara el suelo.

- **Rodamiento por cojinete deslizante**

Figura 15. Concepto de rodamiento por cojinete deslizante



Descripción: El punto de giro del soporte para el carrete de lamina, esta unido a un eje de acero, este gira sobre un buje de material especial. Es importante la selección de los materiales (bujé y eje) para una vida útil prolongada.

- **Rodamiento**

Figura 16. Concepto de rodamiento con balineras de bolas



Descripción: El punto de giro del soporte para el carrete de lámina está unido a un eje, pero en este caso, el eje se introduce en un rodamiento de bolas por que esta sometido a esfuerzos tanto radiales como axiales.

**5.1.3 Selección de conceptos del sistema mecánico.** Para Seleccionar los conceptos, se hizo un análisis técnico, económico, y funcional. Las búsquedas de información sirven de referencia par conocer cuales son los conceptos mas utilizados en la industria para dar solución a los diferentes problemas que se presentan, Igualmente el criterio propio, basado en los conocimientos y la experiencia adquirida hasta el momento, permiten seleccionar los conceptos razonados en las variables particulares de este proyecto.

Se puede pensar que son pocos los conceptos generados anteriormente, pero se hizo una preselección basado en circunstancias obvias, por ejemplo no tendría sentido pensar en una turbina de vapor para proporcionar par de torsión, sabiendo que no se cuenta con una caldera.

Otro factor muy importante es que se cuenta con un presupuesto determinado y que las decisiones de diseño se deberán adaptar a este aspecto.

**5.1.3.1 Sistema para alimentar “introducir” la lamina continuamente a la troqueladora.** El concepto de introducir la lamina mediante piñones y bielas (Fig.: 02) funciona bien cuando se quiere insertar *siempre* la misma longitud de material a una maquina determinada, seria demasiado engorroso cambiar estos elementos para las diferentes distancias de las laminas que se necesitan cortar en este caso. El concepto de halado mediante rodillos (Fig.: 01) es bastamente utilizado ya que es sencillo y ampliamente probado. Como en este caso no debe haber deslizamiento entre los rodillos y la lamina, podremos determinar la distancia de material que ha pasado por los rodillos sabiendo estos cuanto han girado sobre su eje.

Tabla 04. Tabla de calificación de conceptos

Concepto	Calificación	¿Pasa?
Piñones y bielas (Fig.: 02)	2	No
Rodillos (Fig.: 01)	5	si

**5.1.3.2 Sistema para proporcionar la potencia.** Aunque la planta cuenta con una línea de presión neumática, seria muy difícil implementar un controlador de posición para los motores neumáticos, por este simple hecho ese concepto se puede descartar quedando el concepto de un motor reductor eléctrico. Haciendo un análisis se puede concluir que un motor de corriente continúa es la opción que mas satisface los requerimientos por que es mucho mas fácil el control de velocidad o posición, sin embargo los motores de corriente alterna han ganado

mucho terreno hoy en día y son muy baratos pero se requiere de sistemas especiales para su control.

En el mercado nacional existen varios proveedores de motores DC con reducción desde  $\frac{1}{4}$  de caballo hasta 250 caballos con voltajes que pueden variar entre los 12V hasta los 200V DC.

Tabla 05. Tabla de calificación de conceptos

Concepto	Calificación	¿Pasa?
Motor reductor Eléctrico (Fig. 04)	5	Si
Motor neumático (Fig.)	3	No

**5.1.3.3 Sistema para la transmisión de potencia** El dispositivo maneja unas velocidades que están en el rango de 10 rpm hasta 100 rpm, por este hecho se pueden descartar las poleas (Fig. 05) ya que estas se utilizan en aplicaciones para altas velocidades y torques considerables.

Los engranajes son una buena opción a considerar pero las distancias entre el eje del motor y el eje del mecanismo para halar la lamina son grandes y por ende los engranes deberán tener un tamaño considerable o utilizar varios de estos. Además estos engranes tienen un costo muy alto, y adecuarlos (Mecanizado, cuñeros, prisioneros, retenedores) es muy costoso. Por estas razones este concepto se descarta

Las correas dentadas (Fig.: 06) son una buena opción, por que cumple cien por ciento con los requerimientos funcionales para este sistema, pero en los proyectos el factor económico es muy importante y el costo de cada elemento debe ser tenido en cuenta para no pasarse del presupuesto, por esta razón y debido a que las correas dentadas de alta calidad solo se consiguen en sitios especializados este concepto se descarta.

El concepto de usar una cadena y piñones para transmitir la potencia es el que mas se adapta a los requerimientos de este sistema en particular, por varias razones: Su costo es considerable pero no tan alto como las correas dentadas, Son de fácil consecución en el mercado local, la longitud de la cadena puede ser variable, es decir se compran los piñones y la longitud de cadena que se desee, Es imposible que halla deslizamiento entre el motor y el sistema para halar la lámina, funciona bien para un rango muy amplio de velocidades angulares, producen poca fricción, Pueden ser desmontadas muy fácilmente y Para su mantenimiento se utilizan lubricantes convencionales.

Tabla 06. Tabla de calificación de conceptos

Concepto	Calificación	¿Pasa?
Poleas (Fig. 06 )	2	No
Engranés (Fig. 05)	3	No
Correas dentadas (Fig. 04)	4	No
Cadena y piñones (Fig. 07)	5	si

**5.1.3.4 Chasis o Estructura** Para esta aplicación se necesita una estructura modular que permita que todos los subsistemas estén bien definidos y separados para que sea más fácil su mantenimiento o reparación. La máquina esta compuesta por módulos con los límites bien definidos para que en el caso de que ocurra una avería solo afecte a un módulo en particular y este pueda ser cambiado fácilmente.

Tabla 07. Tabla de calificación de conceptos

Concepto	Calificación	¿Pasa?
Estructura Modular (Fig.: 08 )	5	Si
Estructura integral (Fig.: 09)	1	No

**5.1.3.5 Sistema para el disparo de la troqueladora** El concepto que más se escapa de los requerimientos para producir el disparo de la troqueladora es el motor traslacional, por que son costosos, de difícil consecución en el mercado local y se necesitaría uno con alta potencia para halar el pedal que según pruebas realizadas necesita más de 8 Kg.-f para un correcto funcionamiento.

Los solenoides para estas aplicaciones no se consiguen en Colombia y tiene el inconveniente que para aplicar fuerzas superiores a los 80N necesita una corriente de más de 8 amperios. Por lo tanto el consumo de energía eléctrica se eleva.

Los cilindros neumáticos son la opción que más se satisface los requerimientos por varias razones: Son de fácil consecución en el mercado local, Existen muchas empresas de estos productos con accesoria técnica, La planta cuenta con una línea de presión neumática, Las velocidades de los pistones son altas, Existen muchos accesorios para el correcto funcionamiento.



Tabla 08. Tabla de calificación de conceptos

Concepto	Calificación	¿Pasa?
Motor Transnacional (Fig. 10)	2	No
Pistón neumático (Fig. 12)	5	Si
Solenoide (Fig. 11)	3	No

**5.1.3.6 Sistema para soportar y sujetar el carrete de lámina continua** Para este sistema se debe crear una estructura que este apoyada en el suelo, sujetar el carrete en forma vertical (Fig. 13) tiene varios inconvenientes: es difícil colocarlo en la base ya que cada rollo pesa 200Kg y se requiere de una grúa manual para trasladarlos desde el sitio de almacenamiento hasta la planta. Actualmente el soporte para el carrete se encuentra en posición horizontal ya que es mas fácil de colocar, no tiene que quedar totalmente centrado y no importa si el carrete de lamina no esta totalmente circular.

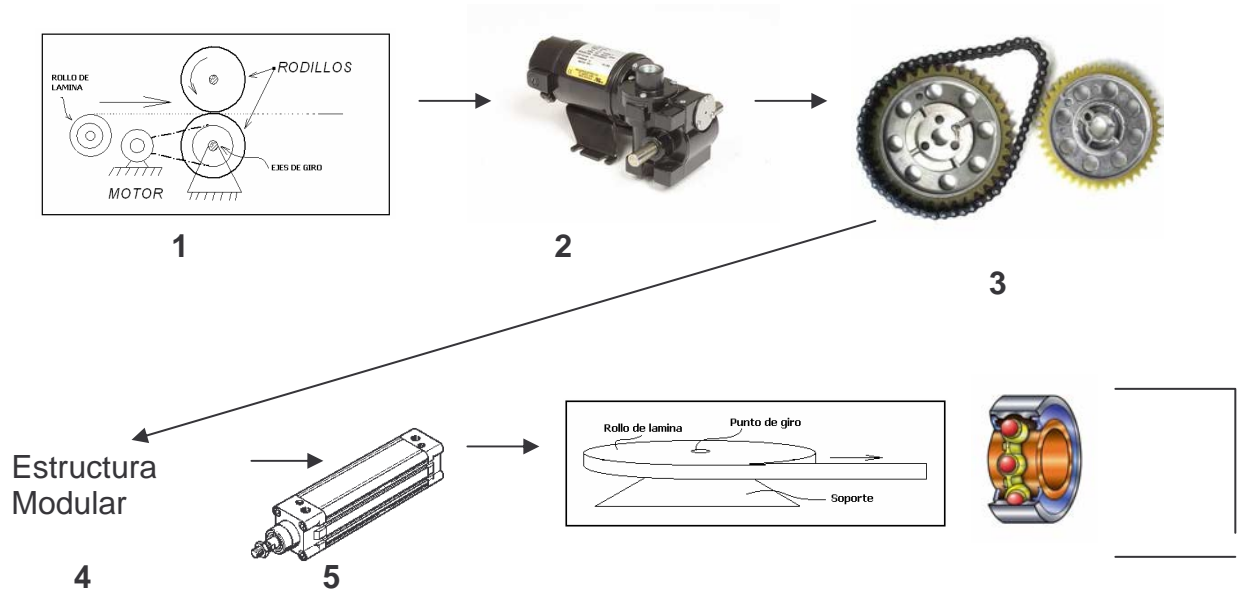
Para el mecanismo de giro es mejor incorporarle un rodamiento de bolas para que este ruede fácilmente y soporte altos esfuerzos.

Tabla 09. Tabla de calificación de conceptos

Concepto	Calificación	¿Pasa?
Posición vertical (Fig. 13)	1	No
Posición Horizontal(Fig. 14)	5	Si
Cojinete deslizante (Fig. 15)	2	No
Rodamiento (Fig. 16)	5	si

### 5.1.4 Combinación de conceptos

Figura 17. Combinación de los conceptos.



El resultado de la calificación muestra que estos son los conceptos seleccionados para cada uno de los subsistemas mecánicos.

## 5.2 GENERACIÓN DE CONCEPTOS

### 5.2.1 Sistema electrónico

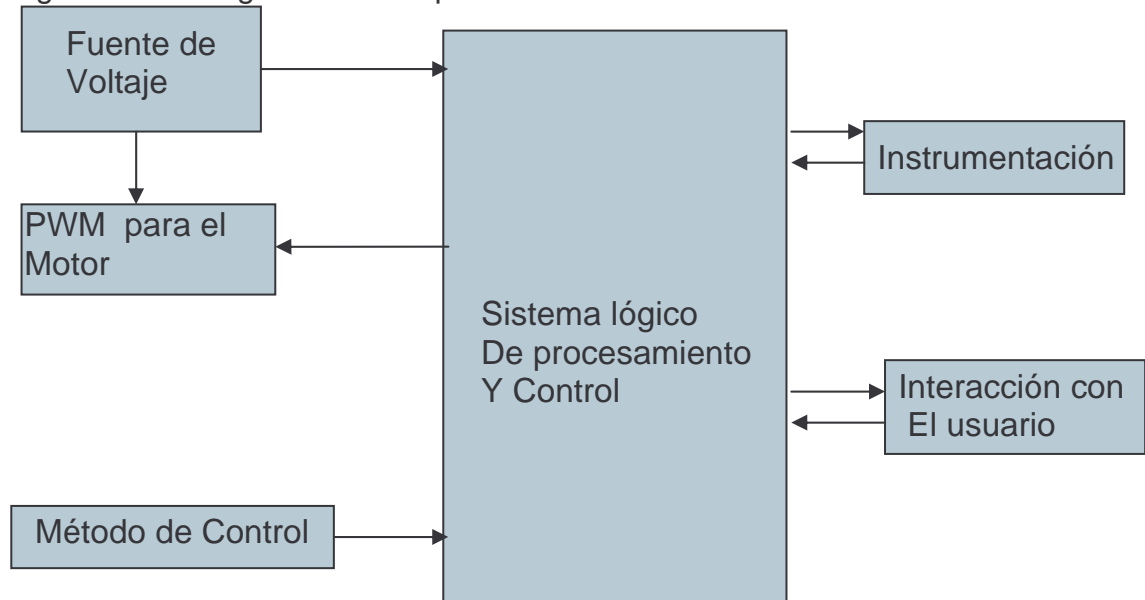
#### 5.2.1.1 Descomposición funcional del sistema electrónico

Tabla 10. Sistemas funcionales de la parte Electrónica

<b>Sistema Electrónico</b>
1. Fuente de voltaje
2. PWM para el motor DC
3. Sistema de lógico de procesamiento y Control
4. Instrumentación
5. Método de Control
6. Interacción con el usuario

### 5.2.2 Diagrama de bloques del sistema electrónico

Figura 18. Diagrama de bloques del sistema electrónico.



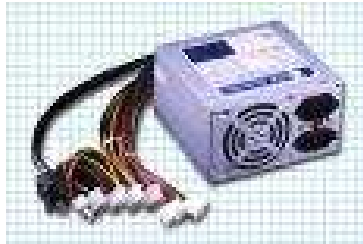
### 5.2.3. Búsqueda de conceptos. Fuentes:

- Benchmarking
- Patentes
- Libros
- Consultas con personas conocedoras del tema.

### 5.2.4 Gráficos y descripciones de los conceptos.

#### 5.2.4.1 Fuente de voltaje.

Figura 19. Concepto de fuentes de voltaje



Estas fuentes se conectan a la red eléctrica (AC) y poseen múltiples salidas de voltaje (+3.3V, +5V, +12V, -12V, -5V) y corrientes que varían entre los (0.8A – 50A), cuentan con ventilación por aire forzado y protecciones para cortocircuito, sobrevoltaje y sobrecorriente.

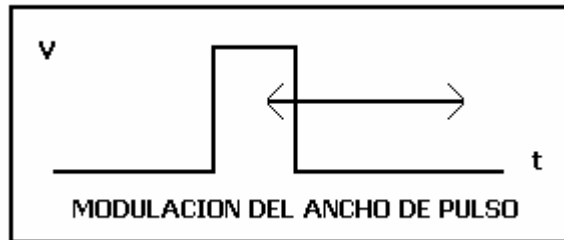
-Diseñar y construir una Fuente a la medida

Se diseña una fuente con los componentes necesarios para la aplicación determinada y las salidas de voltaje y corriente que se requieran.

#### 5.2.4.2 PWM para el motor DC conceptos:

- **Modulación del ancho de pulso**

Figura 20. Modulación del ancho de pulso



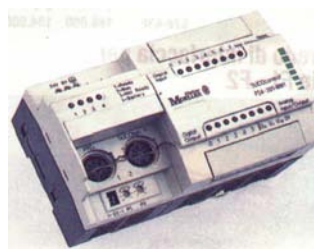
El método de PWM consiste en encender el motor en una serie de pulsos. Para controlar la velocidad de motor se varía (modula) la anchura de los pulsos

Existen muchas maneras de implementar un PWM para un motor DC, las opciones varían desde circuitos integrados que vienen específicamente diseñados para este fin o construirlo con tiristores, amplificadores operacionales o circuitos oscilatorios.

#### 5.2.4.3 Sistema lógico de procesamiento y Control Conceptos:

- Controladores lógicos programables

Figura 21. Controladores lógicos programables



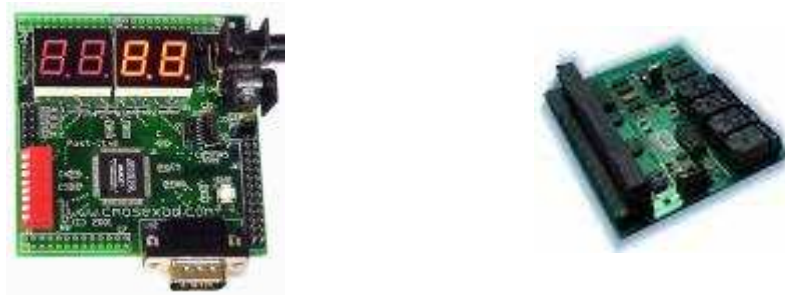
Los PLC son computadores para ambientes industriales que cuentan con una amplia gama de prestaciones; entradas y salidas digitales, módulos de

expansión, entradas y salida análogas, módulos para conexión en red, monitoreo y mando por computador, programación grafica por computador entre otros.

Estos dispositivos son muy compactos y por lo general vienen con su propia fuente.

- Sistemas embebidos

Figura 22. Sistemas embebidos



Estas tarjetas tienen como cerebro principal un microprocesador y cuentan con elementos que permiten una fácil programación, inclusive para lenguajes de alto nivel como Java o Visual Basic, cuentan con funciones para trabajar en línea con el computador y manejar dispositivos externos.

- Microprocesadores

Figura 23. Microprocesadores



Un microprocesador es un circuito integrado construido en un pedazo diminuto de silicón. Contiene miles, o incluso millones, de transistores que se interconectan vía los rastros extrafinos de aluminio. La función de los transistores es guardar y manipular datos juntos para que el microprocesador pueda realizar una variedad ancha de funciones útiles.

- Monitoreo y mando por PC

Figura 24. Monitoreo y mando Por PC

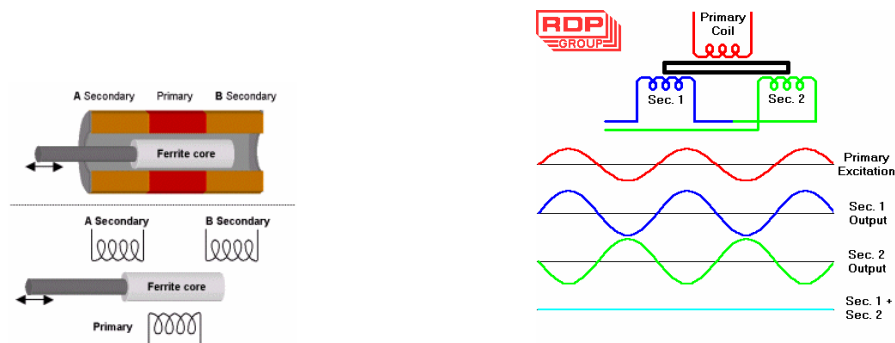


El concepto de monitoreo y mando por PC consiste en adquirir los datos mediante una tarjeta electrónica especial y transmitirlos al computador para que este los procese y determine las respuestas necesarias además de brindar una visualización del estado actual del proceso.

#### 5.2.4.4 Instrumentación

- Sensores análogos

Figura 25. Sensores análogos





- **Sensores digitales**

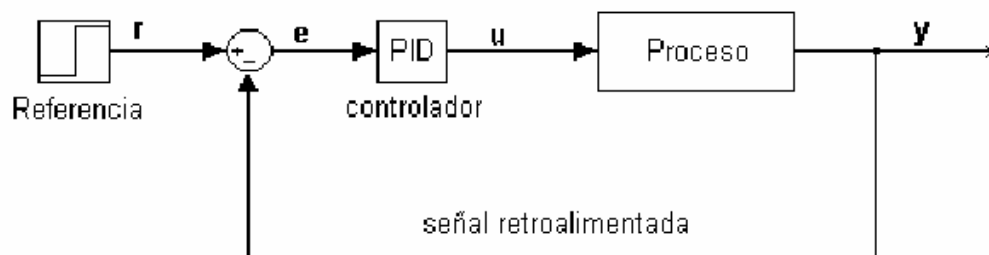
Figura 26. Sensores Digitales



#### 5.2.4.5 Métodos de control Conceptos:

- **Concepto de controladores PID**

Figura 27. Controlador PID



Un controlador PID es una herramienta que permite controlar procesos de una manera eficiente ya que se trabaja sobre la diferencia entre la señal de referencia y la señal entregada por el sensor, este valor es conocido como el error y para minimizarlo o eliminarlo se tienen unos componentes proporcionales, integrales y derivativos que se encargan de dicha función y le añade las características que se desean para un proceso determinado.

- Control secuencial

Características:

El proceso que se controla se puede descomponer en una serie de fases o estados que se suceden de forma secuencial.

A cada uno de los estados del proceso se le asigna una variable interna que es la encargada de memorizar el estado actual del proceso.

Cada uno de los estados, cuando está activo, puede realizar una serie de acciones sobre las variables de salida.

La transición entre estados se controla mediante las señales procedentes de los sensores, a través de las variables de entrada.

El controlador realiza siempre, y en el mismo orden, la misma secuencia de estados.

- Control fuzzy

La Lógica Difusa o Lógica Fuzzy es una forma de razonamiento lógico que permite incorporar en los sistemas de automatización esquemas de razonamiento típicamente humanos.

Una de las principales características de la lógica borrosa es su capacidad para operar con conceptos vagos o ambiguos propios del razonamiento cualitativo, fundado sobre un soporte matemático que permite extraer conclusiones cuantitativas a partir de un conjunto de observaciones (antecedentes) y reglas cualitativas (base de conocimiento).

El Control Difuso es la aplicación de la inferencia difusa a la automatización de procesos.

Un controlador difuso típicamente infiere los consecuentes de un conjunto más o menos grande de reglas simples (base de conocimiento); tal proceso de razonamiento se puede realizar en paralelo, obteniéndose el resultado (consecuente) mediante una sencilla suma lógica.

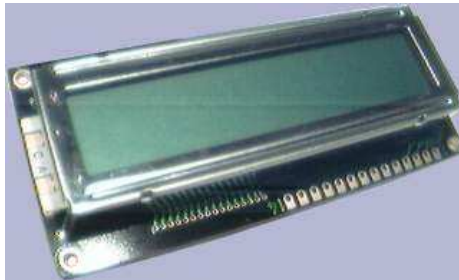
Esta capacidad de procesamiento en paralelo permite que incluso controladores relativamente complejos puedan realizar la inferencia difusa en un tiempo de cálculo mínimo.

**5.2.4.6 Interacción Con el usuario** Para ingresar números de cuatro cifras a la maquina lo mejor es usar un teclado matricial, 3x 4, como son 12 teclas en total 10 números y 2 letras, estas últimas se pueden utilizar para otras funciones como borrar o aceptar por ejemplo.

Para la visualización se implemento un LCD de 2x16 ya que este permite mostrarle al usuario palabras y números de con un total de 16 caracteres por

- Conceptos de interacción con el usuario

Figura 28. Interacción con el usuario



Cada fila, se descarta la idea de usar displays de siete segmentos debido a que son muchas las palabras que se desean exponer.

Todos estos componentes van acoplados de una manera agradable en el panel de control, todos los interruptores, fusibles, luces piloto entre otros deben ser de buena calidad para que duren por mucho tiempo.

**5.2.5. Selección de conceptos del sistema eléctrico / electrónico.** Nota: Para sustentar y validar los conceptos seleccionados se mostraran simulaciones por software en el capítulo de diseño detallado.

Subsistema:

- Fuente de voltaje

Para este subsistema se decidió diseñar una fuente que se adapte a las necesidades del dispositivo. Las fuentes de computador manejan Voltajes de 24V DC pero la salida (tierra y -12V) solo maneja corrientes de 1A y esto es muy poco para aplicaciones donde se trabaja con motores de más de 50W.

El voltaje con que se alimentara la fuente debe ser de 220v, ya que este es el voltaje que se maneja en la planta.

Tabla 11. Tabla de calificación de conceptos

Concepto	Calificación	¿Pasa?
Diseñar fuente a la medida	5	Si
Fuente de computador	3	No

- PWM para el motor DC

Para crear el PWM se decidió implementarlo con el circuito integrado LM 555 ya que este circuito es bastante sencillo y ha sido probado en muchas aplicaciones con resultados muy satisfactorios. Los circuitos integrados que existen en el mercado par el manejo del PWM son de difícil consecución en el mercado, por ejemplo el SG3525. Los PWM con amplificadores operacionales funcionan muy bien pero se necesitan más componentes para implementarlo.

Tabla 12. Tabla de calificación de conceptos

Concepto	Calificación	¿Pasa?
PWM con circuito integrado especial	3	No
PWM con OpAmp	3	No
PWM Con LM 555	5	Si

- Sistema de lógico de procesamiento y Control

El monitoreo y control por computador es un modo muy potente para controlar un proceso, pero el costo es considerable y por eso se descarta. Los sistemas embebidos son una muy buena opción, pero para esta aplicación estaría sobredimensionada ya que estas tarjetas incorporan muchas funciones que no se van a utilizar, otro problema es que no se consiguen fácilmente y tienen un alto costo.

Los PLC son bastante utilizados para estas aplicaciones pero como se requiere manejos de Cristal Liquido y de teclados se necesitaría un PLC muy costoso y además adquirir el software para programarlo.

Por las razones mencionadas anteriormente se decidió implementar un microprocesador que se encargue de las tareas lógicas y de control, ya que son baratos, fáciles de programar y se consiguen en una muy amplia variedad.

Tabla 13. Tabla de calificación de conceptos

Concepto	Calificación	¿Pasa?
Monitoreo y Control Por PC	1	No
Sistemas embebidos	3	No
Microprocesador	5	Si
PLC	2	No

- Instrumentación

Como se requiere que el sensor que mide la distancia pueda girar infinitamente, lo mejor es seleccionar uno de tipo incremental y que entregue una salida TTL para que pueda acoplar al microprocesador.

Las especificaciones de los sensores a utilizar, están basadas en los análisis mecánicos y electrónicos que se mostraran en la parte de diseño detallado.

- Método de Control

Como se requiere que la maquina produzca laminas raudamente, se decidió implementar un control secuencial basado en los sensores de posición que se

utilizaran. Los controladores borrosos o difusos y lo controladores regulatorios funcionan muy bien, pero lo que se busca es una producción continua de laminas mas no mantener una posición deseada.

Tabla 14. Tabla de calificación de conceptos

<b>Concepto</b>	<b>Calificación</b>	<b>¿Pasa?</b>
Control PID	4	No
Control Fuzzy	3	No
Control Secuencial	5	Si

## 6. DISEÑO DETALLADO

### 6.1 SISTEMA MECÁNICO

**6.1.1 Selección de materiales.** Se requiere que esta maquina funcione durante mucho tiempo, por eso la estructura se diseño en acero. El aluminio también es una buena opción a considerar pero es mas costoso y se requiere de equipos especiales (MIG / TIG) para soldar las piezas.

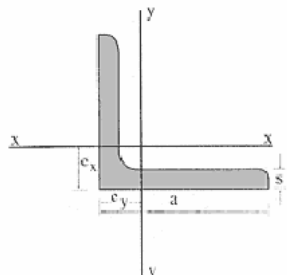
El acero es de fácil consecución, los costos varían dependiendo del tipo de acero que se desee, la estructura se diseño para ser construida en lo que vulgarmente se conoce como perfilaría en hierro, que es ampliamente usado en el mercado y ofrece buenas prestaciones para este diseño.

La maquinabilidad y soldabilidad de estos perfiles es muy buena, tienen mucha ductilidad y baja fragilidad, son poco resistentes a la corrosión.

El diseño de las piezas mecánicas fue realizado en SOLID EDGE versión 14 y para efectos prácticos de este documento, no se mostraran en tamaño real.

Para unir las partes metálicas se uso soldadura por arco eléctrico. La mayoría de las piezas se unen a 90° grados.

Tabla 15. Características mecánicas de los perfiles en ángulo con alas iguales

Perfil ángulo alas iguales								
<p>F= Sección G= Peso U= Superficie exterior por metro de perfil J= Momento de inercia W= Momento resistente i= Radio de giro</p>								
Denominación	Dimensiones					Eje flexión x-x=y-y		
	a	b	ex=ey	F	G	J <sub>x</sub> =J <sub>y</sub>	W <sub>x</sub> =W <sub>y</sub>	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>
	mm	mm	cm	cm <sup>2</sup>	Kg./m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
5/8" x 1/8"	15.9	3.2	0.51	0.91	0.7	0.20	0.18	0.46
3/4" x 1/8"	19.1	3.2	0.58	1.11	0.9	0.37	0.28	0.58
7/8" x 1/8"	22.2	3.2	0.66	1.31	1.0	0.58	0.37	0.66
1" x 1/8"	25.4	3.2	0.75	1.51	1.2	0.91	0.51	0.77
1" x 3/16"	25.4	4.8	0.81	2.19	1.8	1.25	0.72	0.75
1" x 1/4"	25.4	6.4	0.86	2.83	2.2	1.66	0.98	0.73
1 1/4" x 1/8"	31.7	3.2	0.91	1.92	1.5	1.83	0.80	0.98
1 1/4" x 3/16"	31.7	4.8	0.97	2.80	2.2	2.54	1.16	0.96
1 1/4" x 1/4"	31.7	6.4	1.01	3.61	2.8	3.32	1.47	0.93
1 1/2" x 1/8"	38.1	3.2	1.07	2.32	1.8	3.25	1.18	1.18
1 1/2" x 3/16"	38.1	4.8	1.13	3.40	2.7	4.58	1.70	1.16
1 1/2" x 1/4"	38.1	6.4	1.18	4.44	3.4	5.78	2.19	1.14
1 3/4" x 1/8"	44.4	3.2	1.23	2.73	2.1	5.24	1.62	1.39
1 3/4" x 3/16"	44.4	4.8	1.29	4.00	3.1	7.45	2.36	1.36
2" x 1/8"	50.8	3.2	1.39	3.13	2.4	7.91	2.14	1.59
2" x 3/16"	50.8	4.8	1.45	4.61	3.6	11.33	3.12	1.57
2" x 1/4"	50.8	6.4	1.50	6.05	4.7	14.48	4.04	1.55
2 1/4" x 3/16"	57.1	4.8	1.60	5.21	4.1	16.23	3.93	1.78
2 1/4" x 1/4"	57.1	6.4	1.68	6.85	5.4	21.23	5.24	1.75
2 1/2" x 3/16"	63.5	4.8	1.76	5.82	4.6	22.77	4.96	1.98
2 1/2" x 1/4"	63.5	6.4	1.82	7.66	6.1	29.26	6.45	1.95
3" x 1/4"	76.2	6.4	2.14	9.27	7.3	51.60	9.46	2.36
3" x 5/16"	76.2	7.9	2.20	11.47	9.1	62.80	11.58	2.34
3" x 3/8"	76.2	9.5	2.26	13.60	10.7	73.20	13.65	2.32
3 1/2" x 1/4"	88.9	6.4	2.46	10.89	8.6	83.60	13.01	2.77
3 1/2" x 5/16"	88.9	7.9	2.51	13.49	10.7	101.90	15.99	2.74
3 1/2" x 3/8"	88.9	9.5	2.57	16.02	12.6	119.40	18.85	2.71
4" x 1/4"	101.6	6.4	2.76	12.51	9.8	124.80	18.02	3.17
4" x 5/16"	101.6	7.9	2.84	15.50	12.2	154.60	21.10	3.15
4" x 3/8"	101.6	9.5	2.90	18.44	14.6	181.30	24.90	3.12
4" x 1/2"	101.6	12.7	3.00	24.19	19.0	231.40	32.30	3.10

En este grafico se puede observar las características de los perfiles llamados en ángulo o perfiles con alas iguales. El recuadro marcado con color rojo muestra el tipo de dimensión de ángulo seleccionado.



**6.1.2 Rodamientos para los rodillos.** En este caso se escogió chumaceras de  $\frac{3}{4}$ " de pulgada ya que comercialmente los rodillos de caucho comerciales tienen un diámetro interno de una diámetro de 17 mm y al introducir el eje se produce un acople muy rígido.

Tabla 16. Tabla con las características de los rodamientos seleccionados.

### Features

	Muy bueno	Buena	Normal	Limitada	No adecuada / aplicable
					
Capacidad de carga Radial					Funcionamiento Silencioso 
Capacidad Axial en ambas direcciones					Diámetro Cónico 
Compensación de Longitud dentro de los rodamientos					Sello en uno o ambos lados 
Compensación de longitud con ajuste móvil					Alta rigidez 
Rodamientos separables					Baja Fricción 
Compensación de desalineación					Rodamientos de ubicación 

Las chumaceras escogidas son de marca KLM, los esfuerzos a los que estarán sometidos son muy inferiores a los esfuerzos nominales según las tablas del fabricante.

Estas chumaceras vienen con dos prisioneros de  $\frac{3}{16}$ " pulgada para sujetar el eje y una válvula para lubricación de los rodamientos.

Figura 29. Rodillos de caucho junto con las chumaceras



Este subsistema se coloca en la parte superior de la estructura mostrada anteriormente, nótese que a este rodillo no se le trasmite potencia por lo tanto el eje no sobresale de las chumaceras.

Es de recalcar la importancia que tiene que los que el eje del rodillo de caucho sea concéntrico con su diámetro exterior, por ese motivo se tuvieron grandes inconvenientes, Por esta razón lo mejor fue optar por caucho trabajado a muy altas revoluciones en un torno.

En el benckmarking realizado se noto que los rodillos de los sistemas similares tienen un espesor inferior al ancho de la lámina, esto se hace así por que los bordes de la lámina por lo general traen rebabas que en un momento pueden acortar la vida útil del caucho.

**6.1.3 Selección del motor.** Para este proyecto se necesitaba un motor que tuviera reductor, por que se precisaba de alto par de torsión y baja velocidad, como ya se tenían los diámetros de los rodillos, resultaba fácil seleccionar la velocidad angular de la salida del reductor. El tipo de engranes del reductor debe proporcionar una baja inercia.

En la empresa se importan motores “Amer”, y “Baldor” estos últimos vienen en una gran variedad de tamaños y especificaciones técnicas.

Para calcular la velocidad angular se realizo una tabla en Microsoft Excel que permite transformar la velocidad angular del motor en la velocidad lineal de la lámina:

$$P = 2\pi R$$

$$V_l = \omega \times R$$

Donde:

$P$  = *perimetro*

$R$  = *radio*

$V_l$  = *velocidad lineal*

$\omega$  = *velocidad lineal rad/sec*

Tabla 17. Relaciones de Velocidad angular y lineal

Cálculos para encontrar la velocidad de la lamina (lineal) Para determinados valores de rpm		
Velocidad angular : rpm	100	
Diámetro 3" = 76,2mm	76,2	
Radio =38,1	38,1	
Velocidad angular Rad./s	10,47199667	
Velocidad Lineal mm/s	398,983073	
Velocidad Lineal cm/s	39,8983073	

Como la lámina de mayor longitud tiene tan solo 320mm se tiene que esta seria la mayor velocidad a la cual la maquina trabaja por que se fabricarían en menos de un segundo cada una. Debido a que el todos los motores tienen inercia esta velocidad puede producir problemas de preescisión en la medida, por eso se opto por trabajar con dos velocidades, una para halar la lamina velozmente y otra para realizar el corte a mucha menos velocidad.

Tabla 18. Relaciones de Velocidad angular y lineal

Cálculos para encontrar la velocidad de la lamina (lineal) Para determinados valores de rpm		
Velocidad angular: rpm	50	
Diámetro 3" = 76,2mm	76,2	
Radio =38,1	38,1	
Velocidad angular Rad./s	5,235998333	
Velocidad Lineal mm/s	199,4915365	
Velocidad Lineal cm/s	19,94915365	

El motor debe estar en capacidad de mover un carrete que pesa 200kg que se encuentran suspendidos en un soporte que gira libremente con muy poca fricción, por lo tanto se toma como referencia la fuerza que ofrece la geometría y la masa del carrete (momento de inercia) sumándole una fuerza de fricción que se produce en el rodamiento del carrete y en el sistema propio para halar la lamina.

Figura 30. Imagen del motor utilizado



**6.1.4 Diseño del soporte para el motor y acoplamiento de la cadena y los piñones.** El soporte se diseño de tal manera que el motor pudiera ser acoplado y desacoplado de una manera fácil y que quede rígido. Los agujeros de los tornillos del motor se hicieron escariados para que se le pudiera dar un nivel de temple a la cadena, cuando la cadena queda demasiado templada se producen esfuerzos

innecesarios que reducen la vida útil del motor y se incrementa el consumo de potencia<sup>1</sup>.

Figura 31. Soportes para el motor



Se seleccionaron los piñones de igual diámetro ya que no se deseaba incrementar o reducir la velocidad angular del motor, En la Figura. Siguiendo se observa el par de piñones y la cadena de la marca “Tb woods”, estos se maquinaron para adicionarle dos prisioneros con el propósito de evitar deslizamientos entre el engrane y el eje.

Figura 32. Transmisión por cadena



---

<sup>1</sup> Los planos de las bandejas se encuentran en las hojas de anexo  
Anexo:  
AW

### 6.1.5 Diseño de las bandejas de entrada y salida para la lámina

Figura 33. Bandeja para la salida



Bandeja para la entrada de la lámina



Las consideraciones más importantes que se tuvieron en cuenta para diseñar estas bandejas fueron que no maltratara la lámina por ser esta tan delgada y que evitara que la lámina se atascara en cualquier momento<sup>2</sup>.

Para sujetar las dos bandejas los agujeros fueron escariados con el fin de poder graduar la altura deseada.

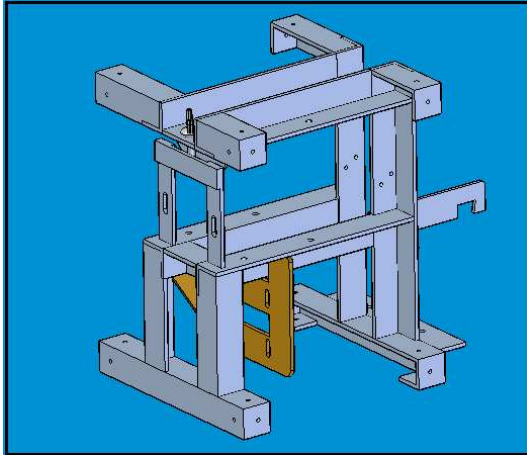
La bandeja por donde sale la lámina se le incorporó un mecanismo de aprisionamiento con rodamientos que permite que la lámina este siempre en contacto con la bandeja con el fin de evitar que se despegue y se salga de la ruta

---

<sup>2</sup> Los planos de las bandejas se encuentran en las hojas de anexo:  
Anexo:  
AX, AY

### 6.1.6 Diseño de la estructura completa

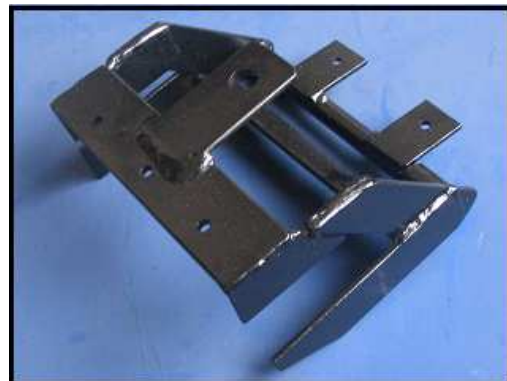
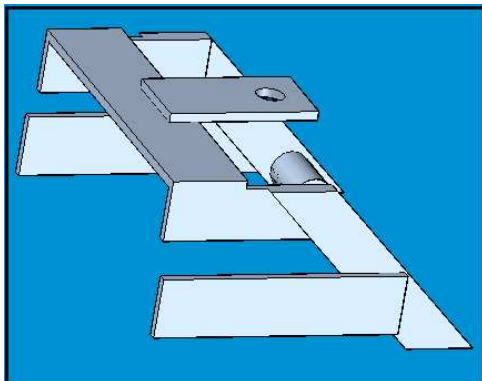
Figura 34. Estructura de la maquina



La estructura fue pintada al horno para evitar el oxido y prolongar la duración<sup>3</sup>

### 6.1.7. Diseño del mecanismo de acople con la troqueladora

Figura 35. Mecanismo de enganche con la troqueladora



<sup>3</sup>Los planos detallados de las estructuras mostradas en las figuras 34 y 35 se encuentran en las hojas de anexos con las siguientes referencias

ANEXOS:

AA, AB, AC, AD, AH, AI, AJ, AK, AL, AM, AN, AO, AP, AQ, AS, AT, AU, AV



### 6.1.8. Diseño del soporte para el carrete de lámina

El diseño actual del carrete funciona bien y es practico, por que es fácil de colocar, pero tiene el inconveniente de que esta muy cerca del suelo, por eso lo que se hizo fue darle mas altura para que se acercara mas a la bandeja por donde entra la lamina.

Figura 35. Soporte para el carrete de lámina.

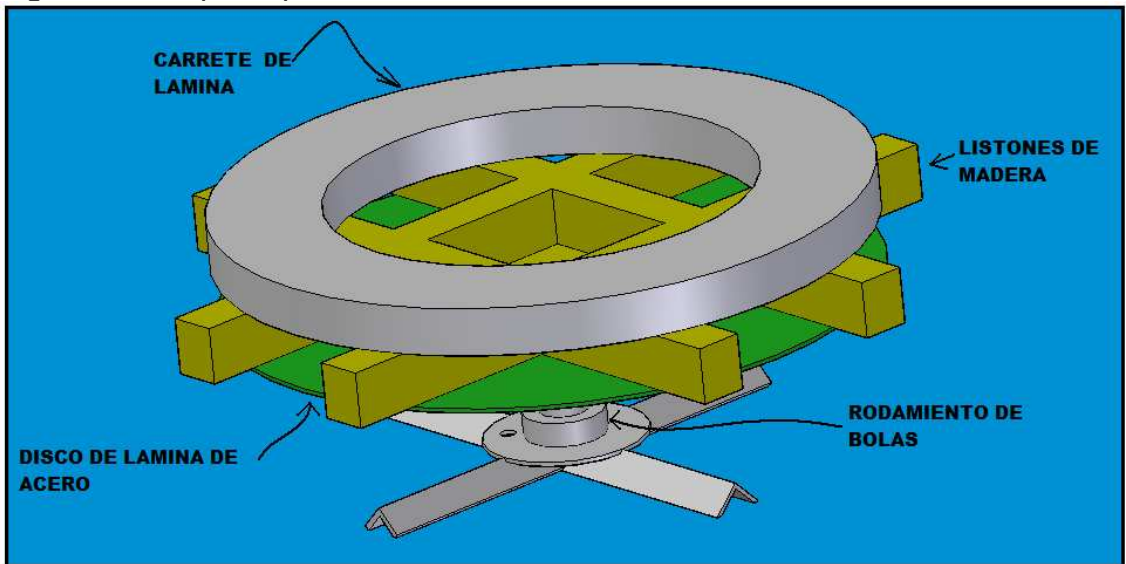


Figura 36. Soporte para el carrete de lámina.





### 6.1.9. Diseño del mecanismo de disparo de la troqueladora

Figura 37. Circuito neumático implementado

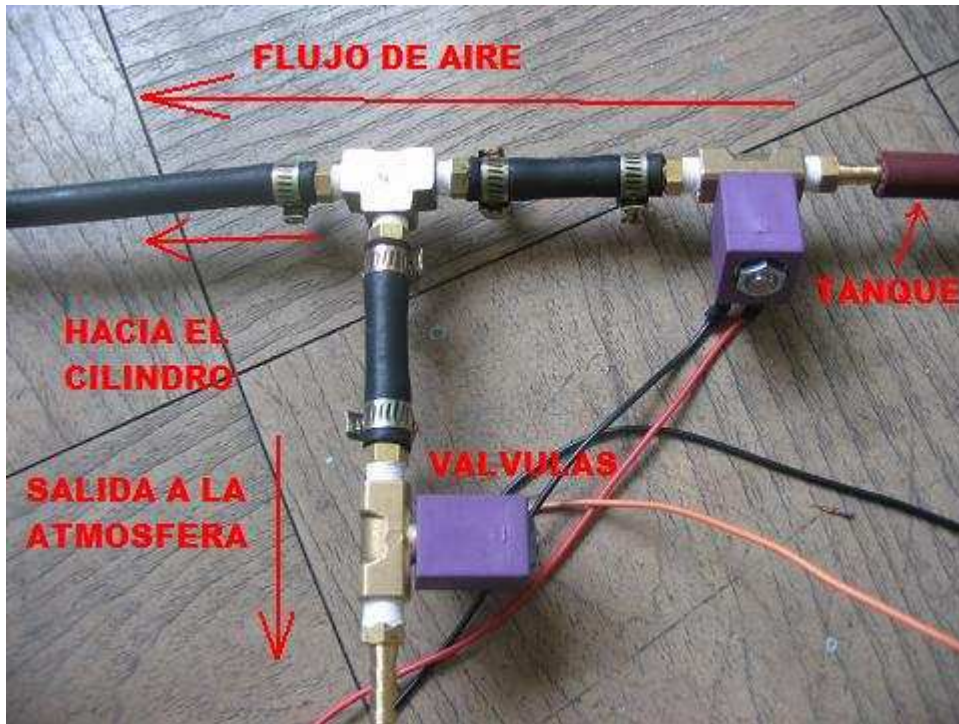
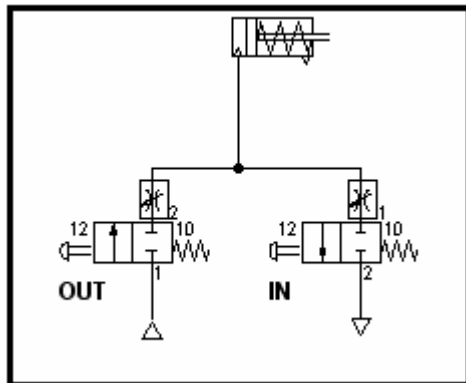


Figura 38. Válvulas de dos vías



En esta Figura se muestra la manera como se construye una válvula de tres vías y dos posiciones a partir de dos válvulas de dos vías, Esto se hizo, por razones netamente económicas, ya que una válvula de estas (tres vías) tiene un costo de 120.000 pesos, mientras que una válvula como la que se muestra en la figura

anterior tiene un costo de 25.000 pesos y por fortuna la empresa las importa en grandes cantidades.

La forma como opera el circuito neumático mostrado en la figura anterior se basa en que mientras una válvula se encuentra encendida la otra debe permanecer apagada y viceversa. Para esto se implementó un rele que hiciera esta tarea.

La válvula que da paso al aire desde el compresor hasta el cilindro permite que este se accione, pero este aire se queda atrapado en la manguera y en la cámara interna del cilindro, para evitar que esto ocurra se coloca una válvula que sirve como desfogue hacia el ambiente cuando se desactiva el rele.

Figura 39. Descripción del Cilindro implementado



En la figura se muestra el cilindro implementado, el gancho se une directamente con el pedal de la troqueladora, el soporte está unido a la base de la troqueladora mediante cuatro tornillos, la base es giratoria para evitar que se produzcan esfuerzos transversales sobre el eje, los cilindros de camisa perfilada como el que se muestran son mucho más costosos pero su vida útil puede ser hasta el doble de uno normal.

## 6.2 SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

El sistema electrónico se implemento en dos circuitos impresos separados, para evitar un tamaño muy exagerado y poder probar los sistemas independientemente.

**6.2.1 Descripción de la fuente de voltaje y del pwm.** Para disminuir el rizado producido al rectificar una onda sinusoidal se adicionaron tres condensadores de 4700uF / 50V, para filtrar señales de ruido se utilizo condensadores cerámicos de 0.1uf. Para los Voltajes de +5v y +12 voltios se utilizaron reguladores de la familia 78, 7812 y 7805, estos reguladores disipan muy poca potencia ya que las corrientes que se manejan son muy bajas 100mA para el ventilador y alrededor de 200mA para la tarjeta de control.

Los dos PWM se implementaron con el oscilador LM 555 el cual genera un tren de pulsos y mediante una serie de diodos y un trimmer de 100k varía el ancho de pulso. El control de la potencia se realiza mediante un transistor Mosfet<sup>4</sup> de mediana potencia pero que soporta muy bien las condiciones de este dispositivo. Los transistores están protegidos de la corriente de fly back mediante diodos de 3A.

Los relees seleccionados son de trabajo pesado y esto es necesario para que duren por mucho tiempo, están diseñados para corrientes de mas de 30A y activaciones durante muchas horas de trabajo continuo, debido a su tamaño no se colocaron directamente en el circuito impreso.

Los conectores son de tipo tornillo para que sea fácil la conexión y desconexión de los dispositivos. Para la alimentación de la fuente de control se usaron dos conectores ambos con +5v para evitar problemas de mala conexión o problemas de tierra.

---

<sup>4</sup> Las especificaciones del transistor Mosfet IRF 830 seleccionado se encuentran en las hojas de anexos:  
Referencia AZ

## 6.2.2 Circuito impreso de la fuente y los drivers para los actuadores.

Figura 40. Circuito impreso diseñado en el software “EAGLE”

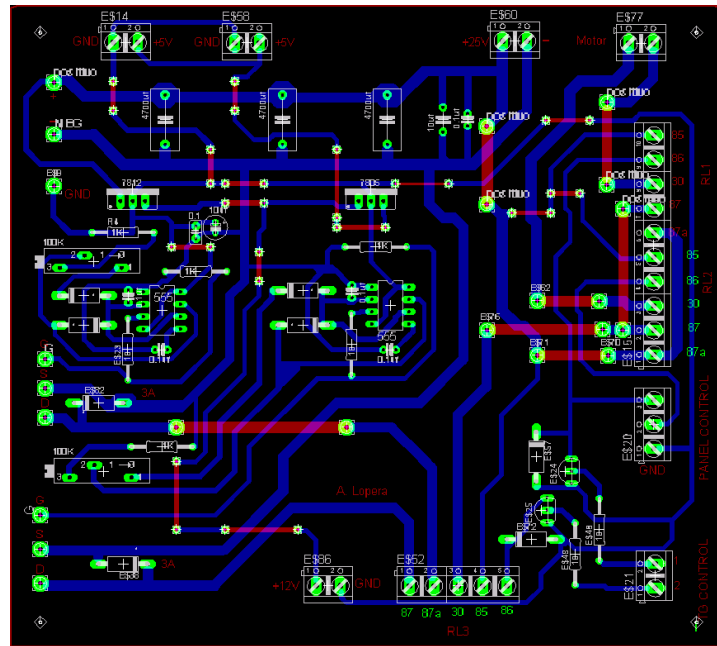
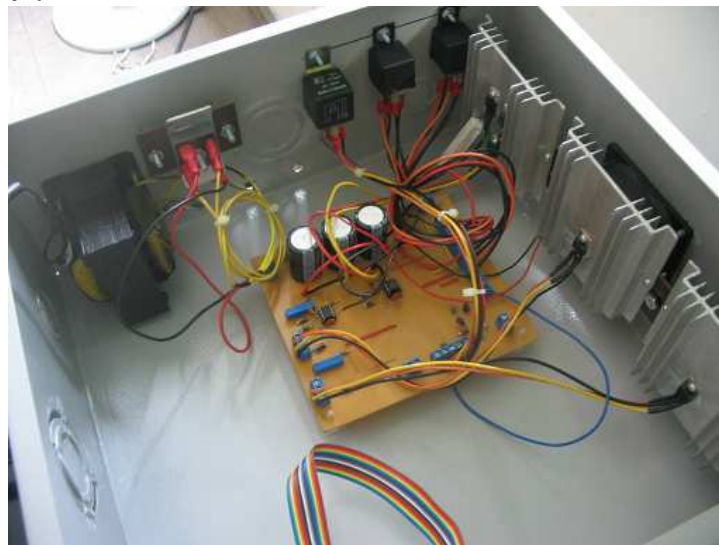


Figura 41. Circuito en baquelita grabado mediante fotomecánica, relees, transistores, Transformador y puente <sup>5</sup>



<sup>5</sup> Los Diagramas esquemáticos de los circuitos electrónicos se encuentran en las hojas de anexos: Referencia BA, BB, BC

**6.2.3 Técnica de control.** La rueda de contacto entre la lámina y el encoder óptico incremental se diseñó de tal manera que enviaran 5 pulsos por cada milímetro recorrido, de manera que 320 mm equivalen a 1600 pulsos por ejemplo.

Un problema significativo es que el cualquier motor tiene inercia, es decir, que se hace necesario implementar un freno, en este caso eléctrico, para que cuando se llegue a ese número de pulsos, se active el mecanismo que acciona la troqueladora. Este freno es efectivo, pero las pruebas mostraron que mientras el motor se detiene el sensor alcanzaba a enviar más de 6 pulsos, por lo que se hizo necesario activar el mecanismo de troquelado 6 pulsos antes de llegar al valor de set point. Es importante aclarar que como el proceso debe ser continuo los 6 pulsos que no se cuentan para la lámina actual son considerados (adicionados) para calcular el valor de la siguiente lámina,

Otra consideración que se hace es que cuando el conteo de pulsos llega al set point la primera acción de control que se realiza es ordenarle al mecanismo de accionamiento bajar el troquel, esto para minimizar el error que se tiene en el momento de frenar el motor.

Para los cálculos de los diámetros y para determinar las especificaciones del encoder necesarias para este proyecto, se realizó una tabla en Microsoft Excel, la cual permite determinar: número de pulsos, precisión en la medida, diámetro o radio de la rueda que se le acopla al sensor y los pulsos por milímetro.

Tabla 19. Tabla para calcular datos del sensor

Cálculos para relacionar el perímetro de la rueda del encoder y el numero de pulsos		
N pulsos del Encoder	500	
Diámetro de la rueda mm	31,8	
		31.8 para 5 pulsos por mm 500 pulsos
Radio de la rueda	15,9	
Perímetro mm	99,90264638	
Pulsos por milímetro (pulsos/mm)	5,004872424	
Precisión en la medida: mm	0,199805293	
Precisión mínima: mm	0,5	

En la tabla anterior se muestra que la rueda debe ser fabricada de un diámetro de: 31.8 mm ya que se desea que se envíen cinco pulsos por cada mm de lamina recorrido.

**6.2.4 Instrumentación.** Para este proyecto se utilizo el encoder óptico incremental que se muestra en la siguiente figura, la salida es del tipo TTL y el número de pulsos fue seleccionado de acuerdo con la tabla anterior.

### Characteristics:

- Heavy duty ball bearings track up to 10,000 RPM
- Low cost
- 2-channel quadrature, TTL squarewave outputs
- Optional index (3rd channel)
- Optional Agilent compatible pin-out
- Positive finger-latching connector
- 32 to 1250 cycles per revolution (CPR)
- 128 to 5000 pulses per revolution (PPR)
- Tracks from 0 to 100,000 cycles/sec
- -40 to +100°C operating temperature
- Single +5VDC supply

Figura 42. Encoder óptico implementado



Tabla. 20 configuración de los pines de salida del encoder óptico

Pin	Description
1	Ground
2	Index
3	A channel
4	+5VDC power
5	B channel



Tabla 21. Especificaciones mecánicas del encoder óptico

Parameter	Dimension / Units
Shaft Speed	10,000 RPM max. continuous
Acceleration	10,000 rad/sec <sup>2</sup>
Shaft Torque	0.05 in. oz. max.
Shaft Loading	2 lbs. max.
Bearing Life	$(90/P)^3$ = life in millions of revs. where P = radial load in pounds.
Weight - Polycarbonate Single-ended (H5S)	1.79 oz.
Weight - Polycarbonate Differential (H5D)	1.89 oz.
Weight - Metal Single-ended (H5MS)	2.36 oz.
Weight - Metal Differential (H5MD)	2.32 oz.
Shaft Runout	0.006 T.I.R. max.
Moment of Inertia	0.001 oz. in. s <sup>2</sup>
Vibration	20 g. 5 to 2KHz

Para conectar el encoder con el microprocesador solo es necesario que el pin 3 del encoder óptico se conecte directamente con microprocesador ya que el encoder tiene salida directa tipo TTL. Es importante que las tierras estén conectadas correctamente para tener la referencia constante de un flanco de subida o de bajada.

**6.2.5 Interacción con el usuario.** El panel de control debe ser fácil de manejar y tener el mínimo número de elementos posible.

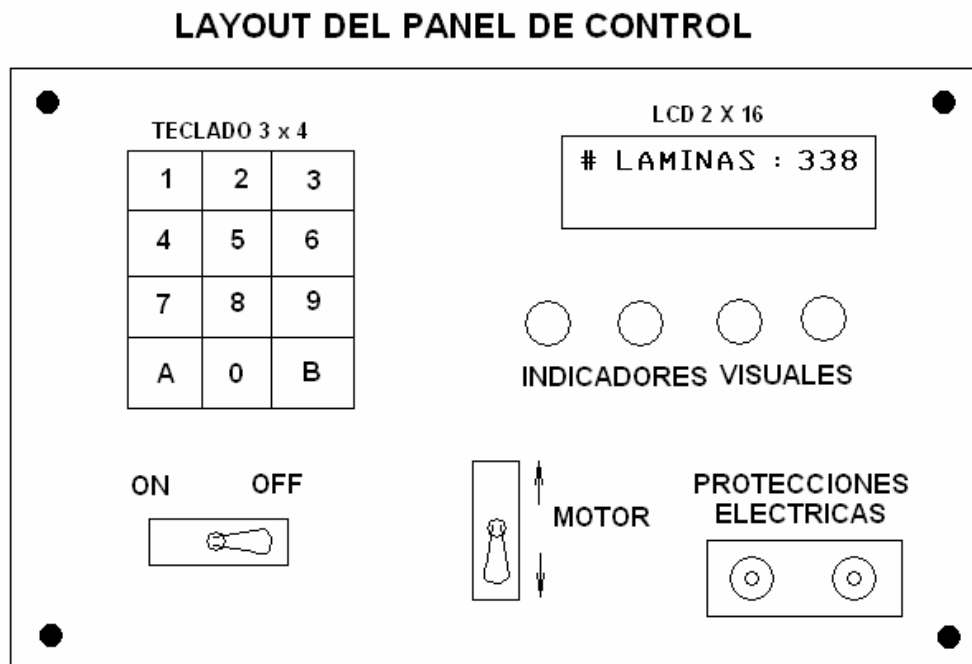
En el grafico siguiente se muestra un layout del panel de control, nótese que tiene pocos botones ya que la mayoría de las instrucciones son ingresadas por el teclado y en el LCD se muestra todas las instrucciones necesarias para que el operario las entienda de una manera fácil

En la sección de diseño industrial se mostrara el diseño completo del panel de control ya que este es un componente fundamental del diseño industrial



### 6.2.5.1 Layout del panel de control

Figura 43. Layout del panel de control

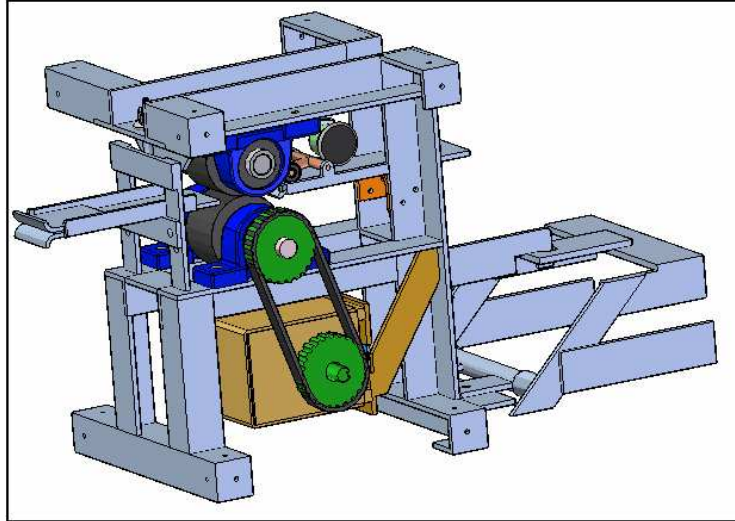


El panel de control debe estar protegido contra las altas temperaturas y los cables deben estar bien escondidos para mejorar la apariencia del dispositivo.

## 7 DISEÑO INDUSTRIAL

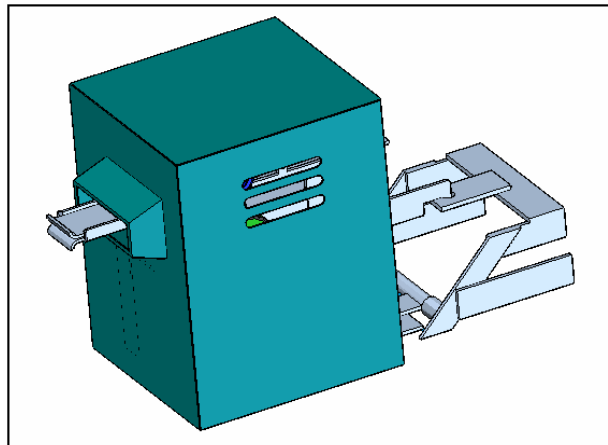
### 7.1 DISEÑO DE LOS GABINETES PROTECTORES

Figura 44. Estructura con todos los Electos ensamblados



Para cubrir la estructura se utilizó lámina calibre 16 con celosías para que se permita la entrada de aire a los mecanismos. El gabinete solo cubre la parte que forma un cubo como se muestra en la figura.

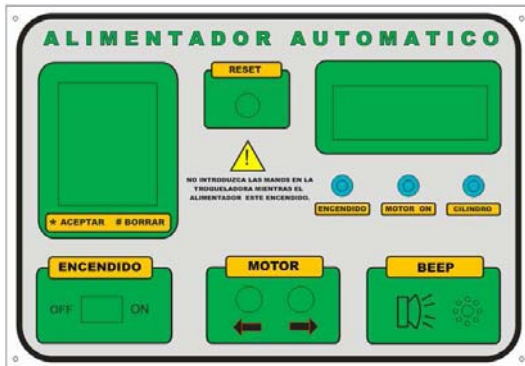
Figura 45. Cubierta de lámina a para proteger la máquina



Las láminas están unidas en sus extremos con tornillos golosos de 7/16" x 1/8"

## 7.2 PANEL DE CONTROL

Figura 46. Panel de control implementado  
Diseño



Implementación



El panel de control fue diseñado en Corel Draw. Mediante la técnica de fotomecánica fue impreso en una lamina de acero inoxidable calibre 14 para darle robustez y larga vida.

Este panel fue montado en una caja metálica en forma de cubo rectangular, para darle inclinación al panel de manera que el operario lo pueda ver más fácilmente.

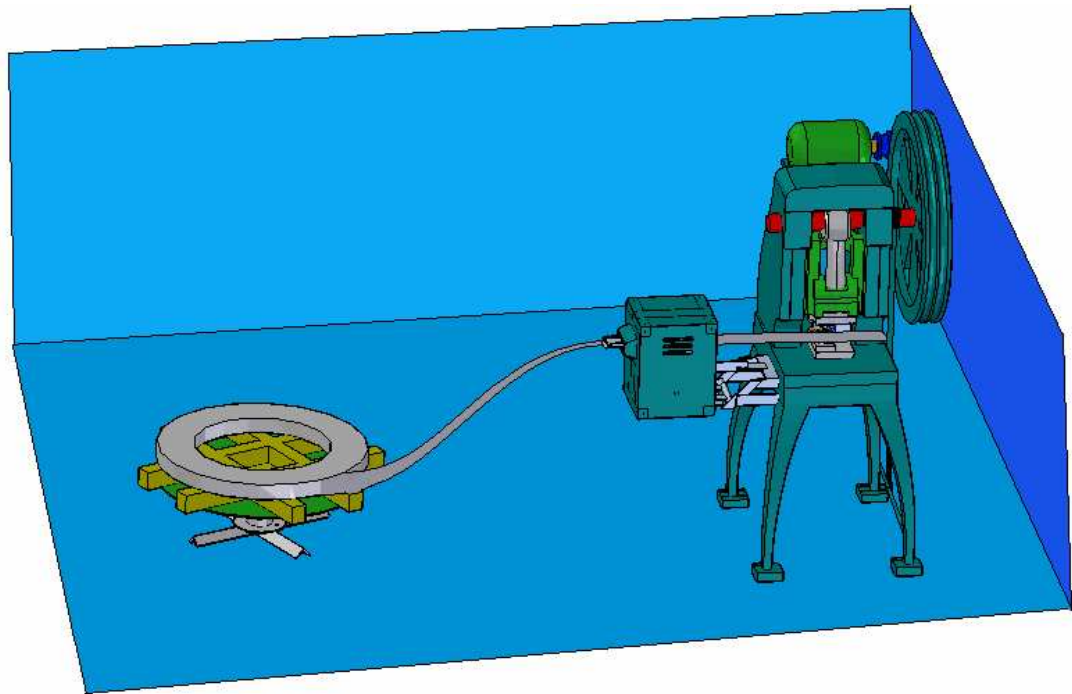
Los recuadros marcados deben ser perforados para insertar los componentes, LCD, Teclado, interruptores por ejemplo.

El botón marcado como "BEEP" es para indicarle al operario mediante sonido que se han fabricado el número de láminas requeridas.

Para darle sencillez al panel de control la mayoría de la información será suministrada de manera clara por el display LCD

### 7.3 DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS EN LA PLANTA

Figura 47. Distribución de los dispositivos en la planta

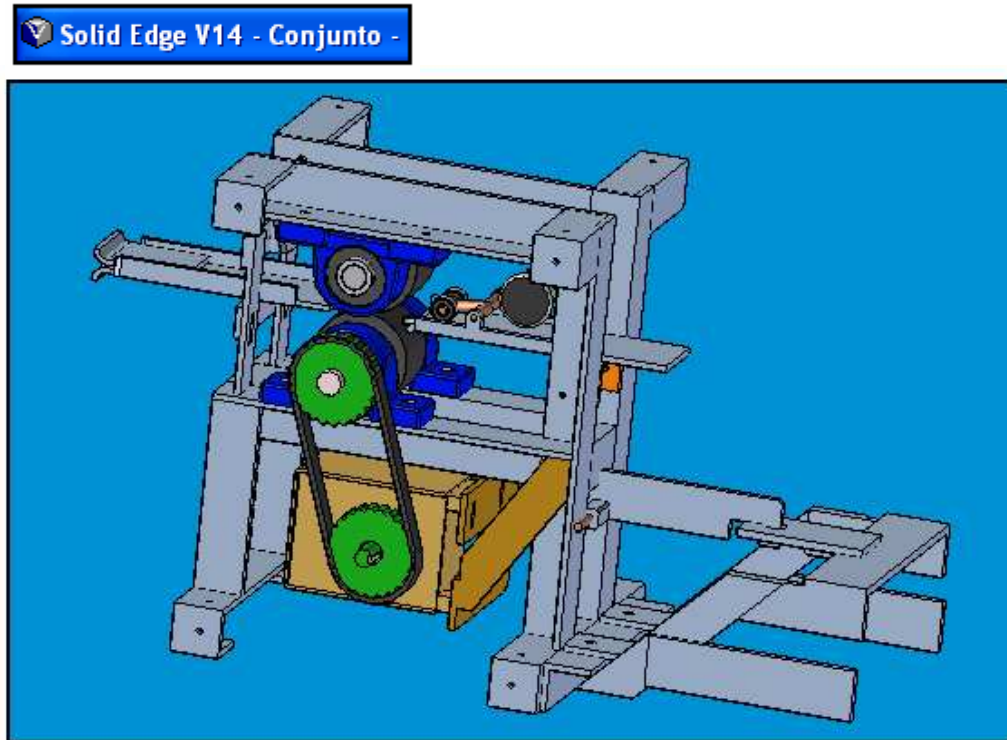


Los mecanismos implementados no ocupan mayor espacio y no interfieren con los otros procesos que se desarrollan en la planta.

## 8 PROTOTIPADO

### 8.1 PROTOTIPO VIRTUAL DEL SISTEMA MECÁNICO

Figura 48. Prototipado virtual



La maquina fue diseñada en su totalidad mediante la herramienta computacional SOLID EDGE V14. Esto permitió comprobar interferencias, verificar la geometría de los componentes, distribuir de manera eficaz los componentes, proponer variables de diseño, obtener los planos de las piezas, entre otras funciones.

Cuando se diseña todos los elementos de una maquina, se evita la improvisación en el momento de construirla, los planos que se generan deben ser claros y simples para que las personas encargadas de fabricar las piezas sepan claramente captar la idea y se minimiza las fallas.

Figura 49. Troqueladora

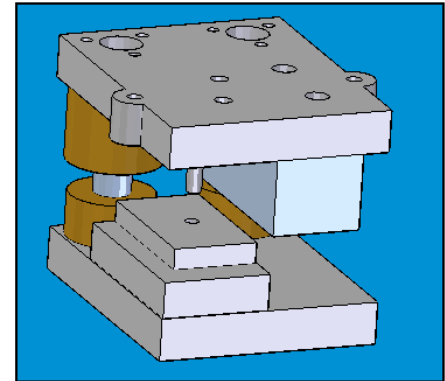
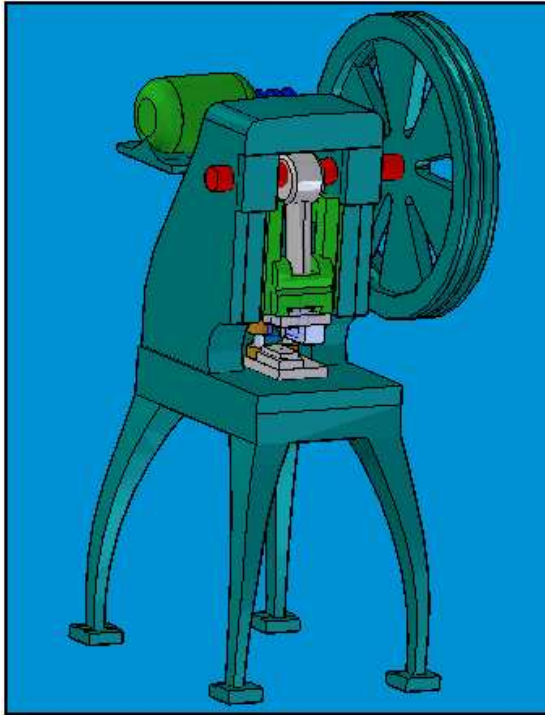


Figura 50. Troquel

Figura 52. Soporte para el carrete

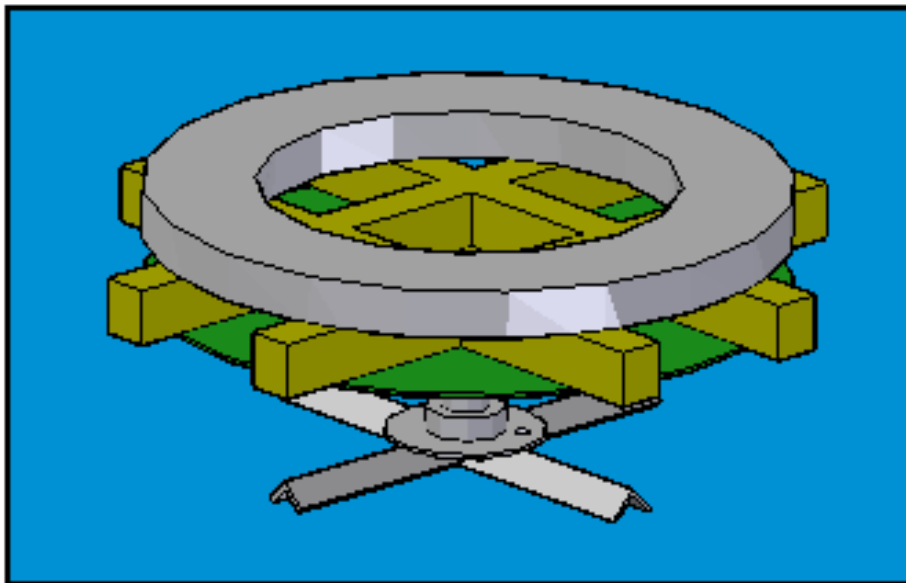
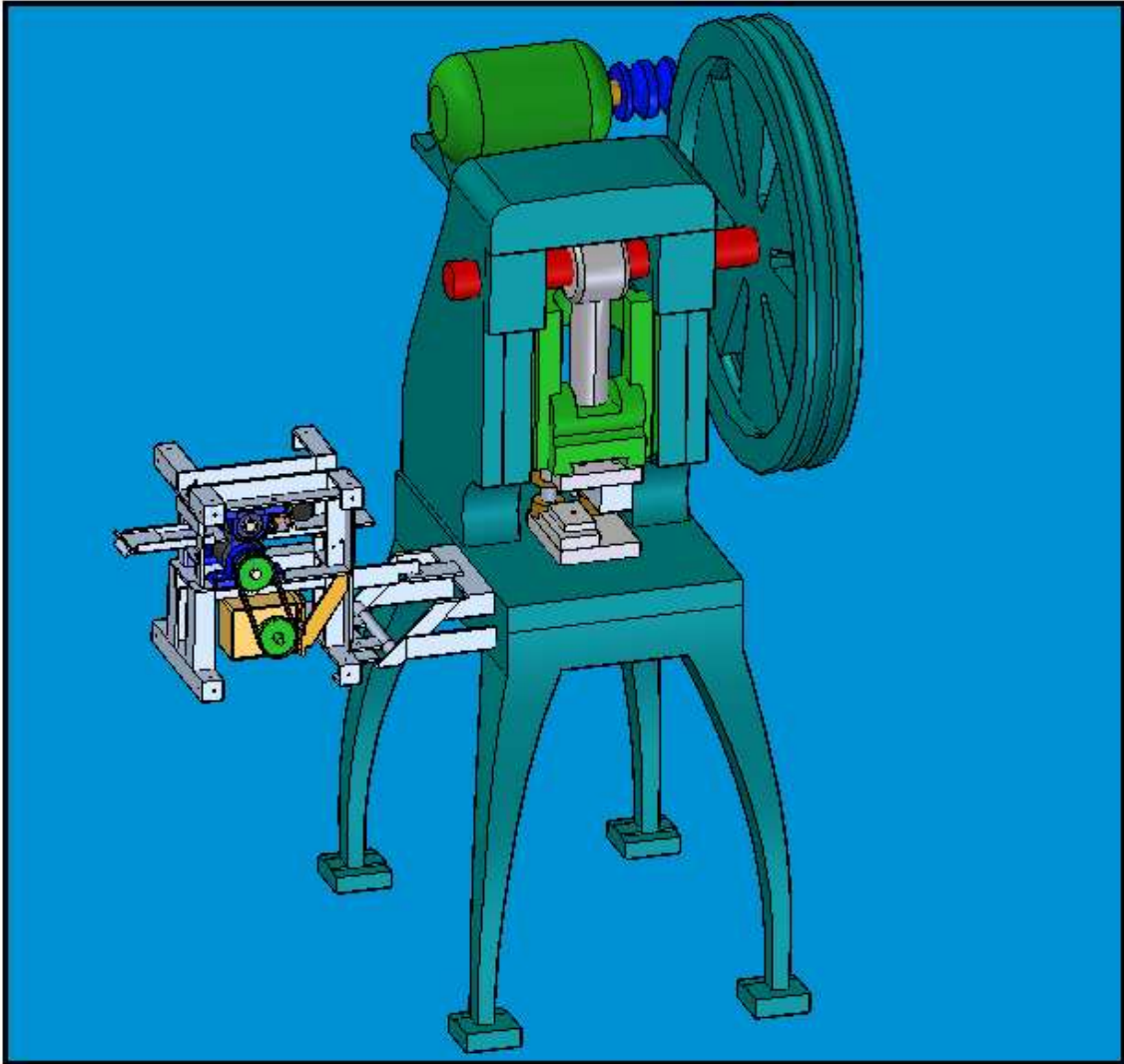
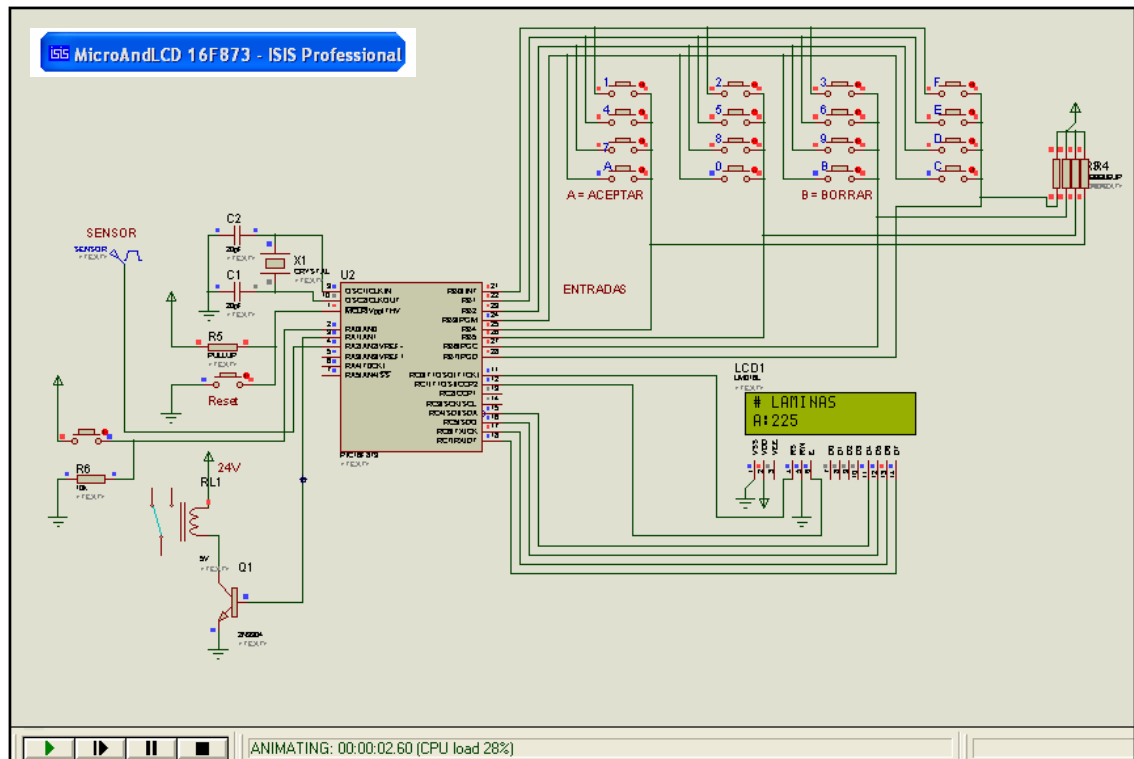


Figura 51. Troqueladora y alimentador Automático



### 8.3 SIMULACIONES ELECTRÓNICAS

Figura 52. Simulación del circuito de control.



En esta figura se muestra la simulación del sistema lógico de procesamiento y control, Esta realizada en el software “PROTEUS PROFESIONAL” y permite simular componentes como displays LCD microcontroladores PIC y un sinnúmero de componentes pasivos y activos.

Las simulaciones dieron como resultado el correcto funcionamiento de los circuitos electrónicos diseñados, esto sirve como base para montarlos en protoboard y luego implementarlos en un circuito impreso. Mediante la simulación se realizaron las pruebas del correcto funcionamiento del teclado del equipo, arrojó resultados correctos de los mensajes y cada una de las pantallas que el display debe mostrar al usuario y se verificó el funcionamiento de las señales de salida del microcontrolador que comandan la operación del mecanismo de disparo, el accionamiento del motor, alarmas del sistema y luces indicadoras. Estos resultados dieron la certeza del buen funcionamiento de la parte electrónica antes de la realización de los montajes correspondientes.



La simulación electrónica es una herramienta muy potente por que nos evita los costos que se requieren para probar elementos electrónicos físicamente ya que se pueden obtener parámetros como voltajes o corrientes que nos permiten predecir el correcto funcionamiento del sistema.

## **9. CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO**

### **9.1 PRUEBAS Y AJUSTES A CADA UNO DE LOS DISPOSITIVOS**

Gracias al diseño de arquitectura modular el dispositivo es fácil de armar y desarmar. La mayoría de los componentes se unen con tornillos de 5/16" con cabeza de media pulgada, los tornillos mas pequeños son de ¼ " con tuerca para llave allen.

Existe una separación de un milímetro entre el rodillo superior y el rodillo inferior, la maquina cuenta con un tornillo que permite graduar la distancia entre estos para regular el apriete con la lamina.

El soporte para el motor cuenta con agujeros escariados para graduarle la tensión a la cadena, las especificaciones sugieren que no deben quedar muy apretada por que pueden reducir la vida útil del motor o los piñones.

Nótese en las siguientes figuras que las bandejas pueden ser quitadas y puestas fácilmente para su limpieza.

Figura 53. Alimentador Terminado.

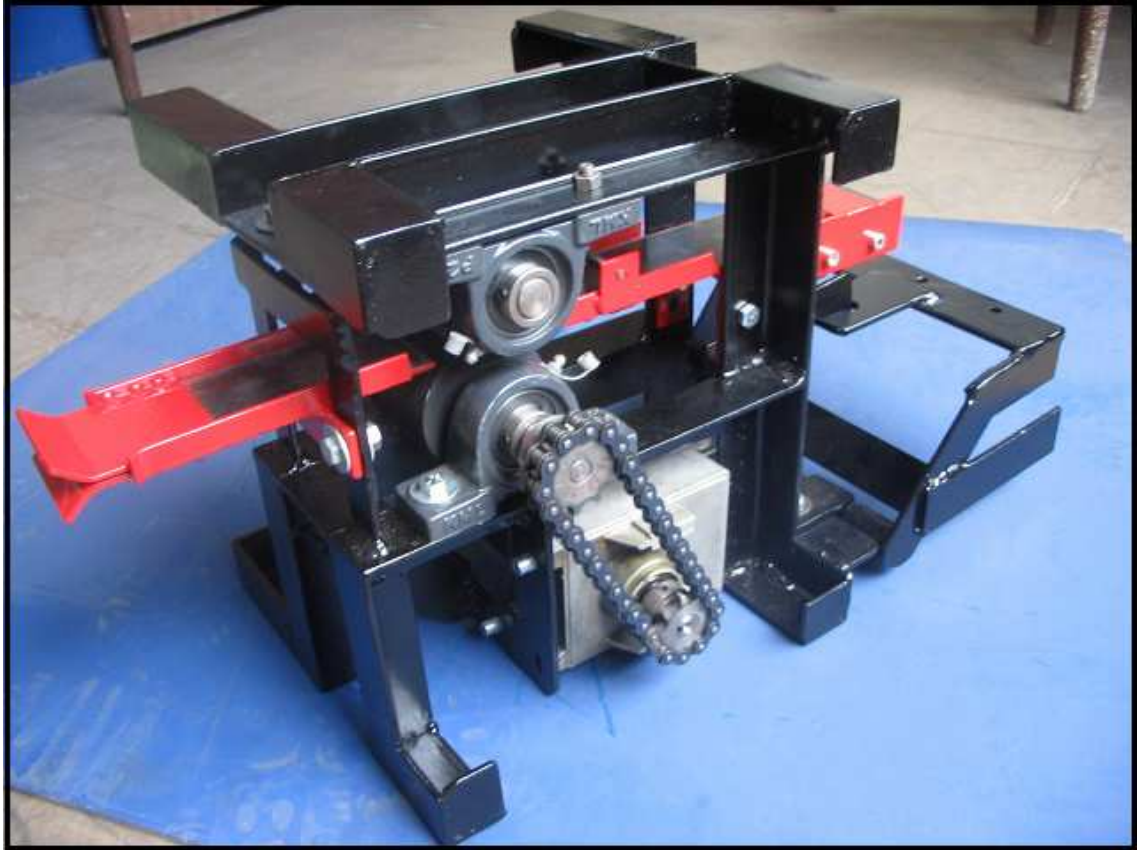
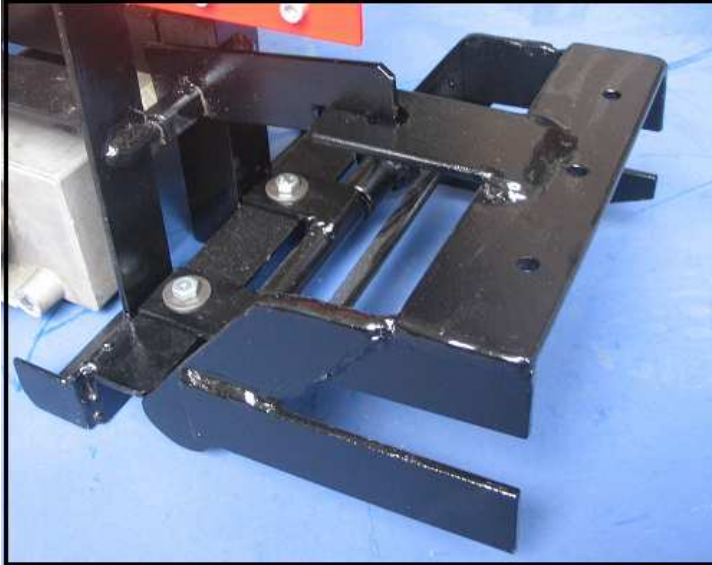


Figura 54. Mecanismo de enganche acoplado con el alimentador



El mecanismo mostrado permite que el alimentador pueda girar para que cuando el operario desee manipular el troquel no le cause molestia.

Figura 55. Giro del mecanismo de enganche



Figura 56. Aprisionador de la lámina contra la bandeja



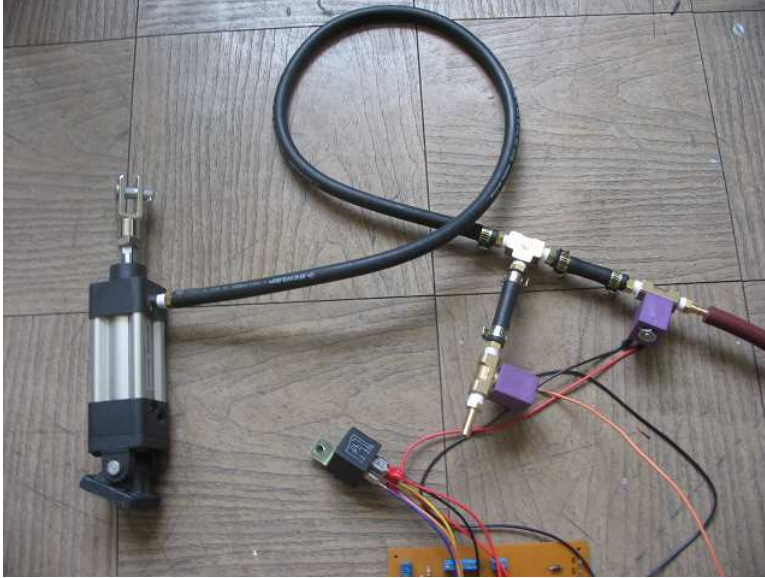
En la figura anterior se observa un mecanismo que sirve para aprisionar la lamina contra la bandeja, esto se diseño para evitar que la lamina se levante y la rueda del encoder óptico genere lecturas erróneas.

Figura 57. Mecanismo distanciador de los rodillos



En esta figura se muestra el tornillo que sirve para graduar la distancia entre los rodillos, Como la lamina con la que se va ha trabajar es de tan solo 0,27 mm las pruebas mostraron que los rodillos deben estar en contacto.

Figura 58. Mecanismo para el disparo de la troqueladora



Las pruebas realizadas al circuito neumático mostrado en la Fig. Anterior dieron como resultado un buen funcionamiento del cilindro. La presión de aire que se maneja en la planta esta alrededor de los 90 psi.

Las pruebas que se hicieron al circuito eléctrico y electrónico mostraron como resultado que puede trabajar por largos periodos ya que los componentes fueron rigurosamente seleccionados y se cuenta con protecciones eléctricas para evitar posibles danos

Los transistores mosfet montados sobre disipadores de calor se calientan muy poco por que los flujos de corriente están muy por debajo de los datos de placa, además se incorporo un ventilador extractor de 12V para refrigeración.

El máximo consumo de corriente ocurre cuando el motor pasa de una velocidad angular cero a la velocidad nominal de trabajo este pico alcanza los 5 amperios pero en un periodo de tiempo muy corto.

Los disipadores fueron montados sobre baquelita dieléctrica por que existe diferencia de potencial entre estos y pueden causar daños o mal funcionamiento.

## 10. RESULTADOS

La maquina implementada puede trabar por largos periodos sin ningún problema, resiste perfectamente las condiciones de la planta, tiene un aspecto agradable y los componentes que la conforman dan la sensación de alta robustez y tecnología.

Realizarle mantenimiento a la maquina es sencillo, lo principal es que la cadena debe ser limpiada al menos una vez por mes ya que en la planta hay mucho polvo y eso genera que se adhiera a la misma, el operario encargado de esta tarea esta capacitado para esa labor.

El dispositivo en general es seguro y requiere de precauciones mínimas para su buena manipulación. Cuando el operario esta realizando el alistamiento de la maquina debe tener puesto guantes, por que cuando los rodillos halan la lámina lo hace con bastante fuerza y se pueden producir cortaduras en las manos. La precaución más importante es que por *ningún* motivo el operario debe introducir las manos en la troqueladora mientras el alimentador se encuentra encendido, Este mensaje esta impreso en panel de control.

El dispositivo aumento un poco el ruido en la planta por que se implemento un sistema neumático que tiene salida de aire a la atmósfera con alta presión, pero este ruido es poco comparado con el que produce la troqueladora cuando genera el disparo, por eso el operario que se encuentra cerca debe utilizar tapa oídos.

Los componentes que conformaron el dispositivo son de alta calidad y en algunos casos los sistemas están sobre diseñados para que la maquina pueda funcionar por largos periodos de tiempo que era lo que mas se buscaba.

El operario encargado fue instruido para el manejo del dispositivo el cual es bastante sencillo y no se requiere habilidades especiales, Solo se debe prender la maquina, introducir la lamina hasta que haga contacto con los rodillos, y por ultimo programar la cantidad de unidades que se requieren en el panel de control, los mensajes mostrados en el display LCD son claros y están diseñados para que cualquier persona pueda operar la maquina.

El costo total del dispositivo fue de aproximadamente 1'500.000\$ contando con las piezas mas costos de servicios de los talleres.

La pasantia fue remunerada con un costo total de 2'000.000\$ contando los cinco meses que duro el proyecto y este valor se suma con el costo del proyecto.



Tabla 22. Especificaciones finales del dispositivo

Unidad	Métrica
Consumo de potencia	90 W
Velocidad máxima de la lamina	40 cm/ seg
Velocidad Angular máxima	110 rpm
Velocidad de Producción	30 laminas/ minuto
Máximo error	0,5 mm
Peso	25Kg
Volumen	28 A * 51L * 34H
Presión de aire mínima requerida	60psi



## 11. CONCLUSIONES

- Cuando se realizan proyectos que van a solucionar un problema en una empresa, son muchas las variables que se deben tener en cuenta, e inclusive hay factores que se pasan por alto por falta de experiencia y que se aprenden con el transcurso del tiempo, lo importante es adquirir nuevos conocimientos que permiten mejorar como ingeniero y aumentar el desempeño en la industria.
- Todo proyecto cuenta con un presupuesto, para la industria este factor es determinante en el momento de decidir si un proyecto se realiza o no, por esta razón se puede concluir que es fundamental realizar un presupuesto lo mas detallado posible, con datos de cotizaciones actuales, con información de personas con amplia experiencia en los temas relacionados, y averiguaciones propias. El presupuesto determina que conceptos y/o elementos son factibles de implementación.
- Todo diseño sin implementación carece de sustentación, por que se pueden proponer diseños en donde todo funciona perfectamente, pero no se toman todas las variables que existen realmente. Cuando se construían los circuitos electrónicos por ejemplo, se noto que no funcionaban acorde con lo simulado y esto era debido al ruido eléctrico. Este problema se soluciono implementando filtros pasa bajos.
- Las limitaciones del dispositivo son pocas, y se diseño de tal manera que los sistemas pudieran ser cambiados para darle flexibilidad al dispositivo.
- La maquina en general es segura siempre y cuando se cumplan con unas condiciones de seguridad básicas. En el panel de control Se muestran los mensajes de advertencia para el operario, el mas importante es que; nunca se debe introducir las manos en la troqueladora mientras el alimentador este encendido.

## **BIBLIOGRAFÍA**

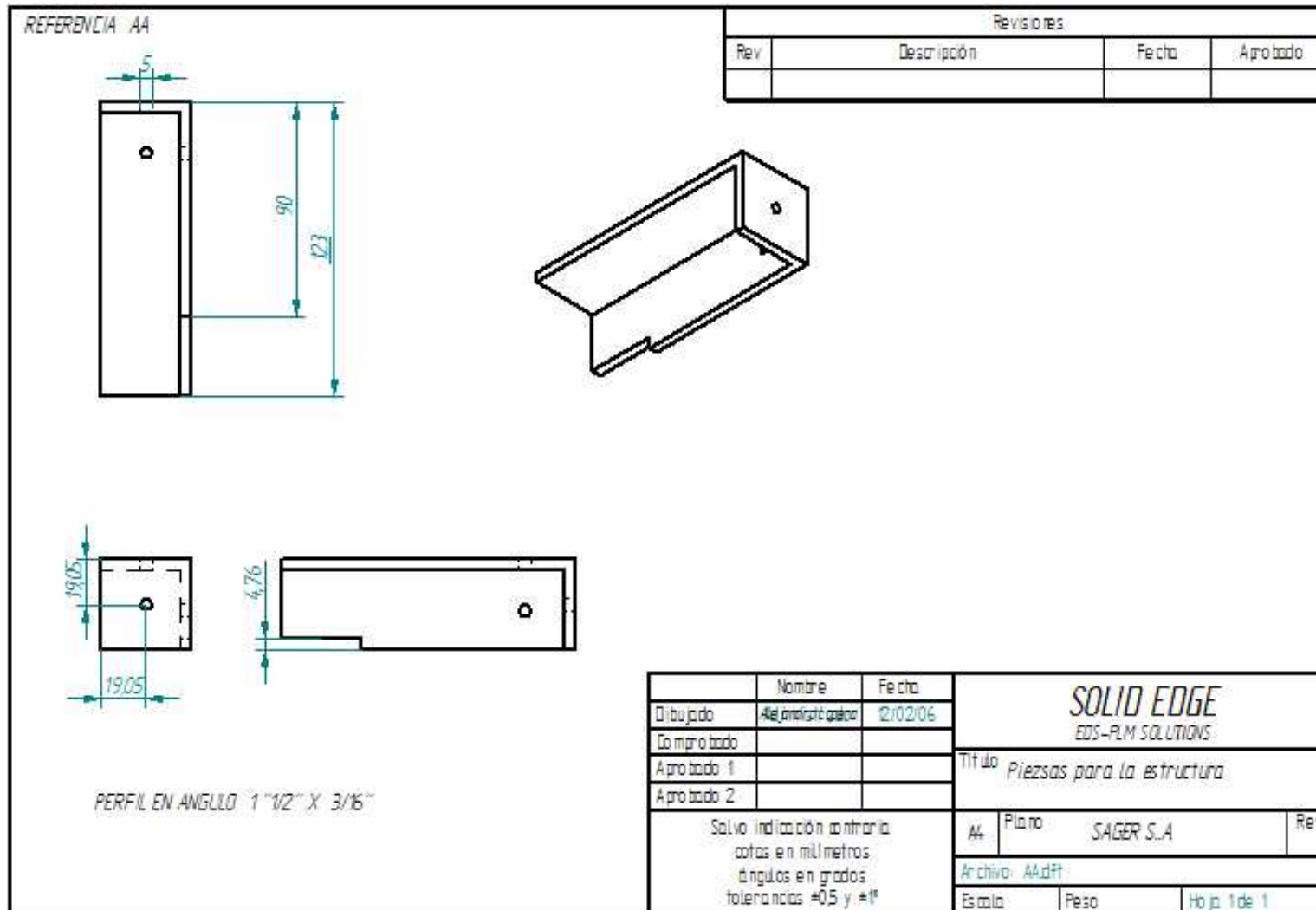
BEER, Ferdinand. JOHNSTON, Russell. Mecánica Vectorial para ingenieros Estática. 6 ed. Madrid: McGraw Hill, 1998. 1865 p.

BEER, Ferdinand. JOHNSTON, Russell. Mecánica Vectorial para ingenieros Dinámica. 6 ed. Madrid: McGraw Hill, 1998. 1323 p.

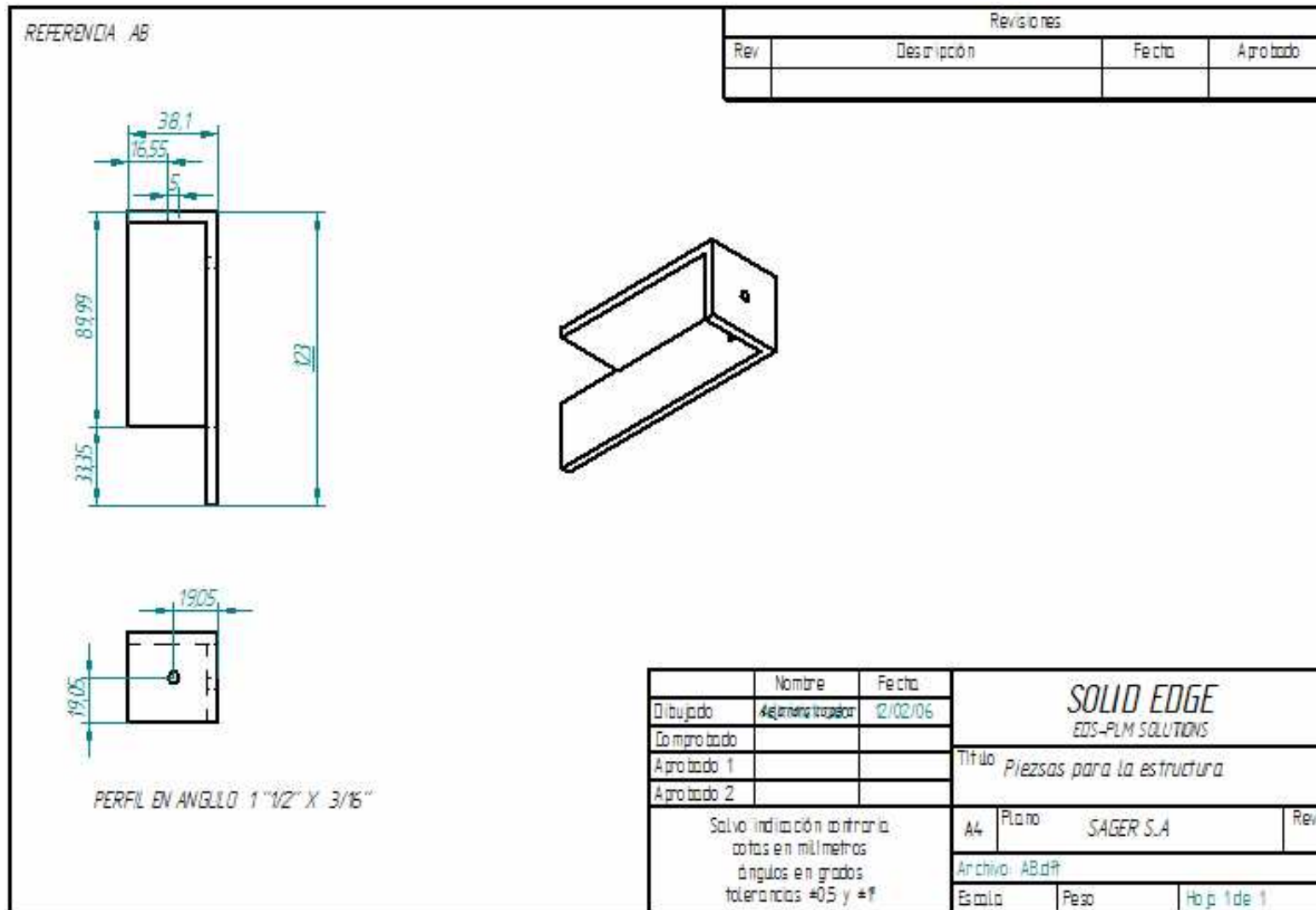
NORTON, Robert. Diseño de Máquinas. Naucalpan de Juárez, edo. de México: Prentice Hall, 1999. 1080 p.

ULRICH, Kart. Y EPPINDER, Steven. Product Design and Development. 2 ed. Ciudad de México: McGraw Hill, 2000. 358 p.

ANEXOS  
REFERENCIA AA  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA



ANEXOS  
REFERENCIA AB  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA

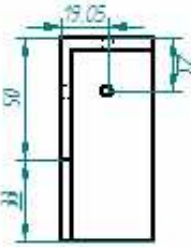
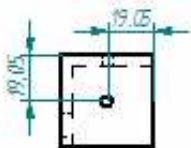


ANEXOS  
REFERENCIA AC  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA

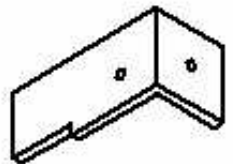
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

REFERENCIA AC

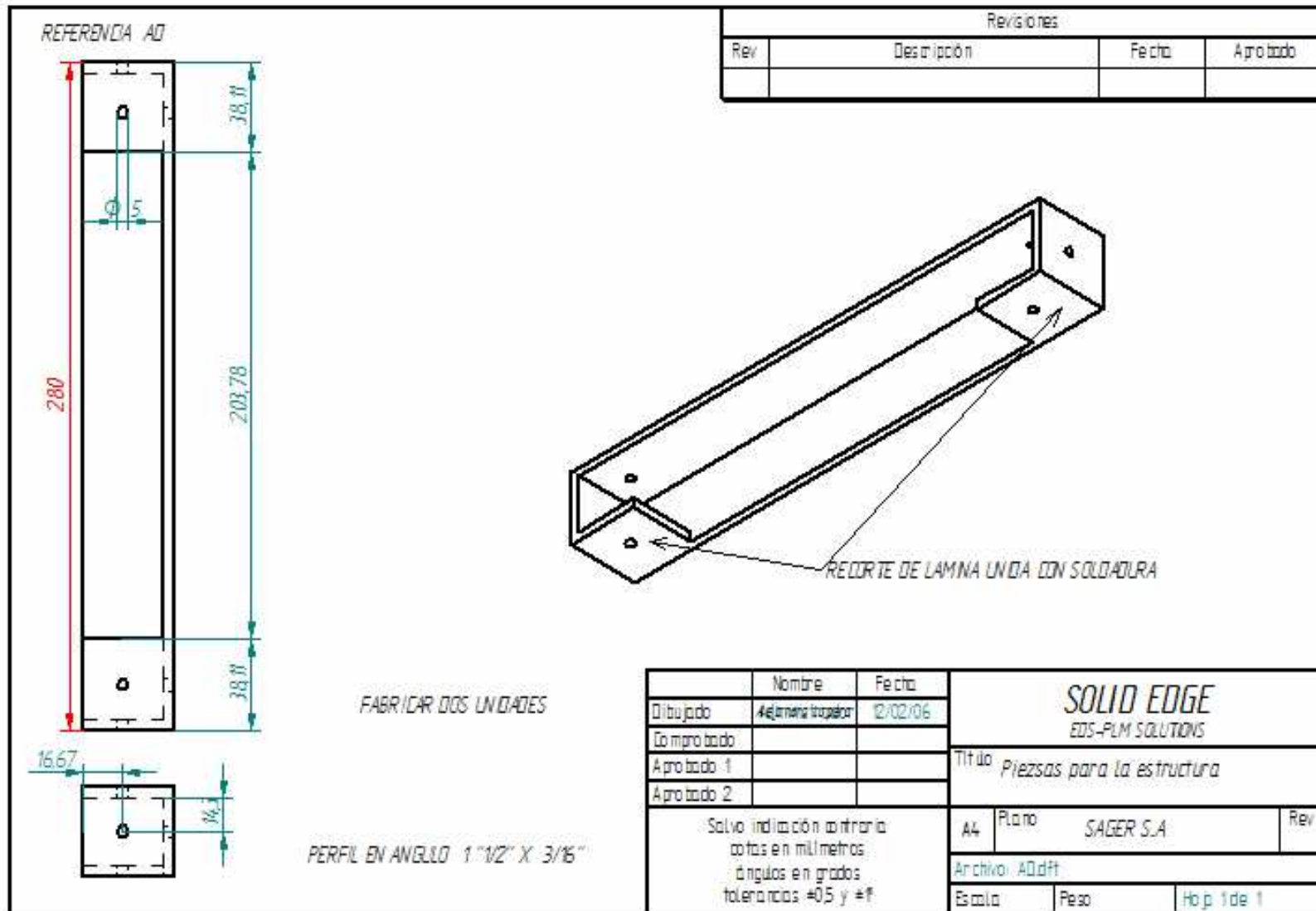



PERFIL EN ANGULO 1"X 1/2" X 3/16"

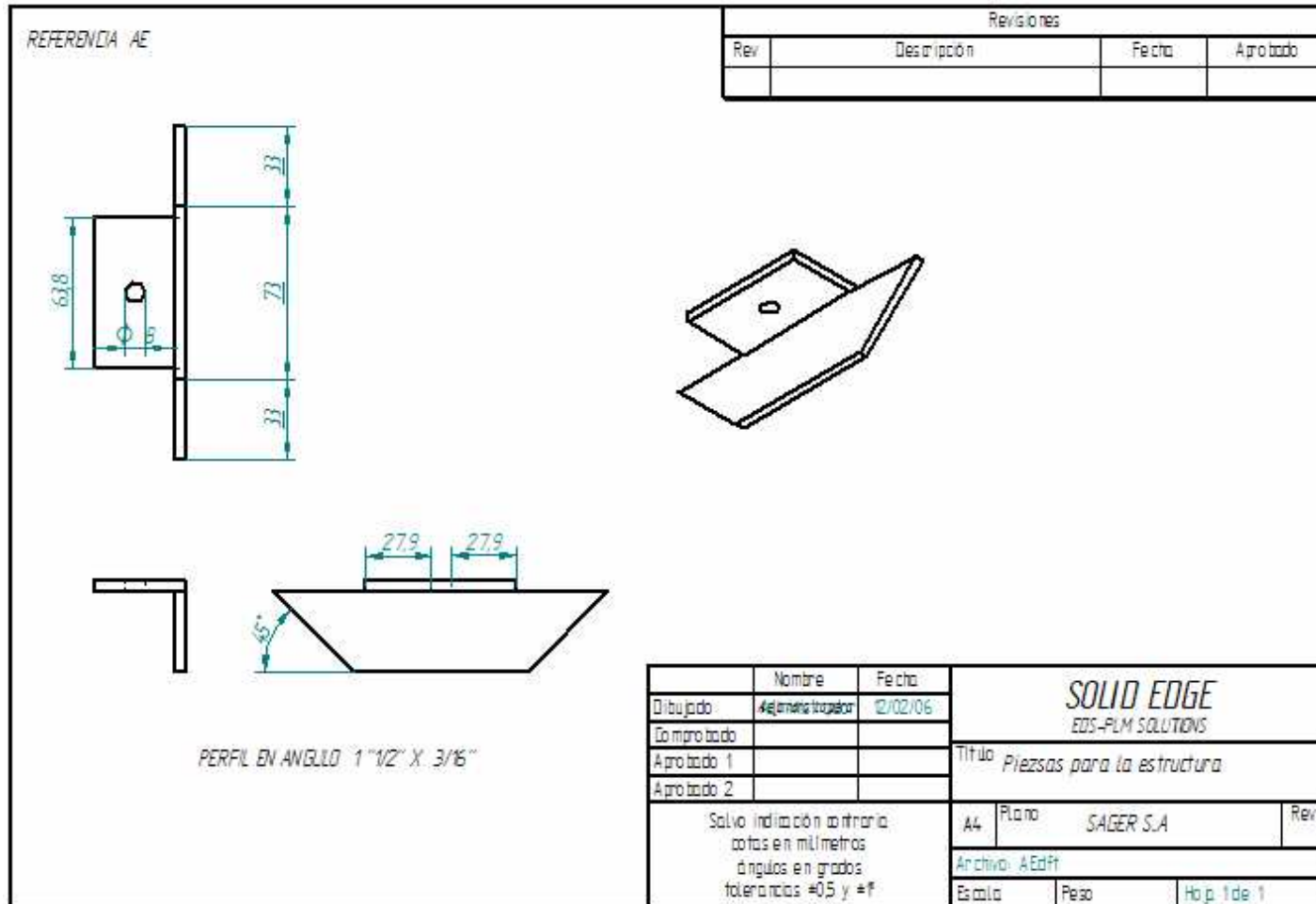


Nombre	Fecha	<b>SOLID EDGE</b> EOS-PDM SOLUTIONS		
Dibujado: Alejandro Torres	12/02/06			
Comprobado		Título: <i>Piezas para la estructura</i>		
Aprobado 1				
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria todas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0.5 y ±1°		A4	Plano SAGER S.A	Rev
		Archivo: AC.dft		
		Escala	Peso	Hoja 1 de 1

ANEXOS  
REFERENCIA AD  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA



ANEXOS  
REFERENCIA AE  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA

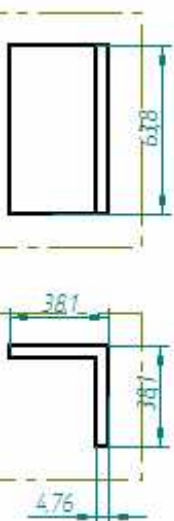


## ANEXOS

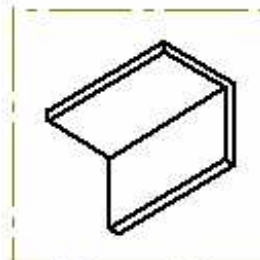
### REFERENCIA A: PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA

REFERENCIA AF		Revisiones		
Rev.	Descripción	Fecha	Aprobado	



PERFIL EN ANGULO 1 1/2" X 3/16"

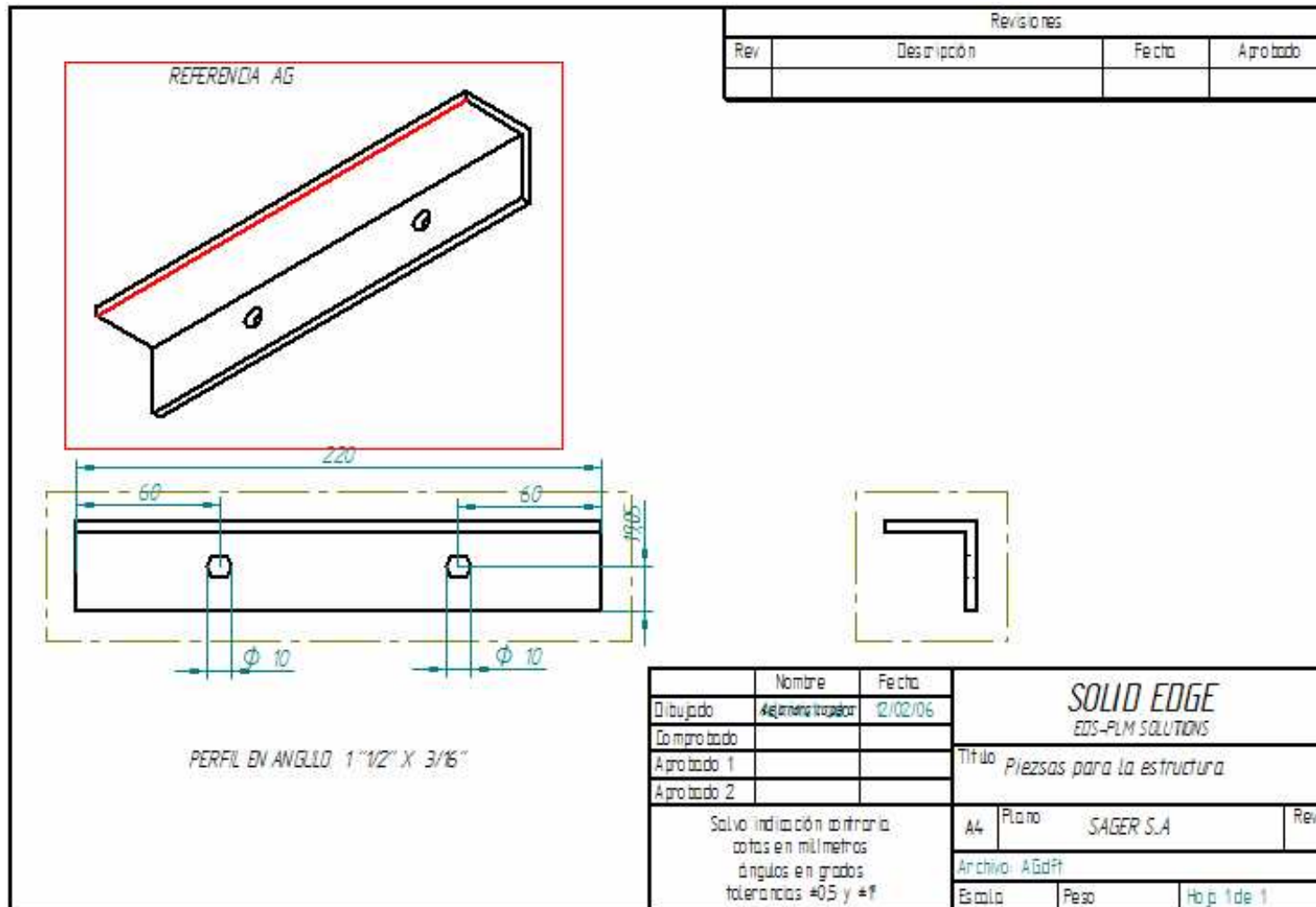


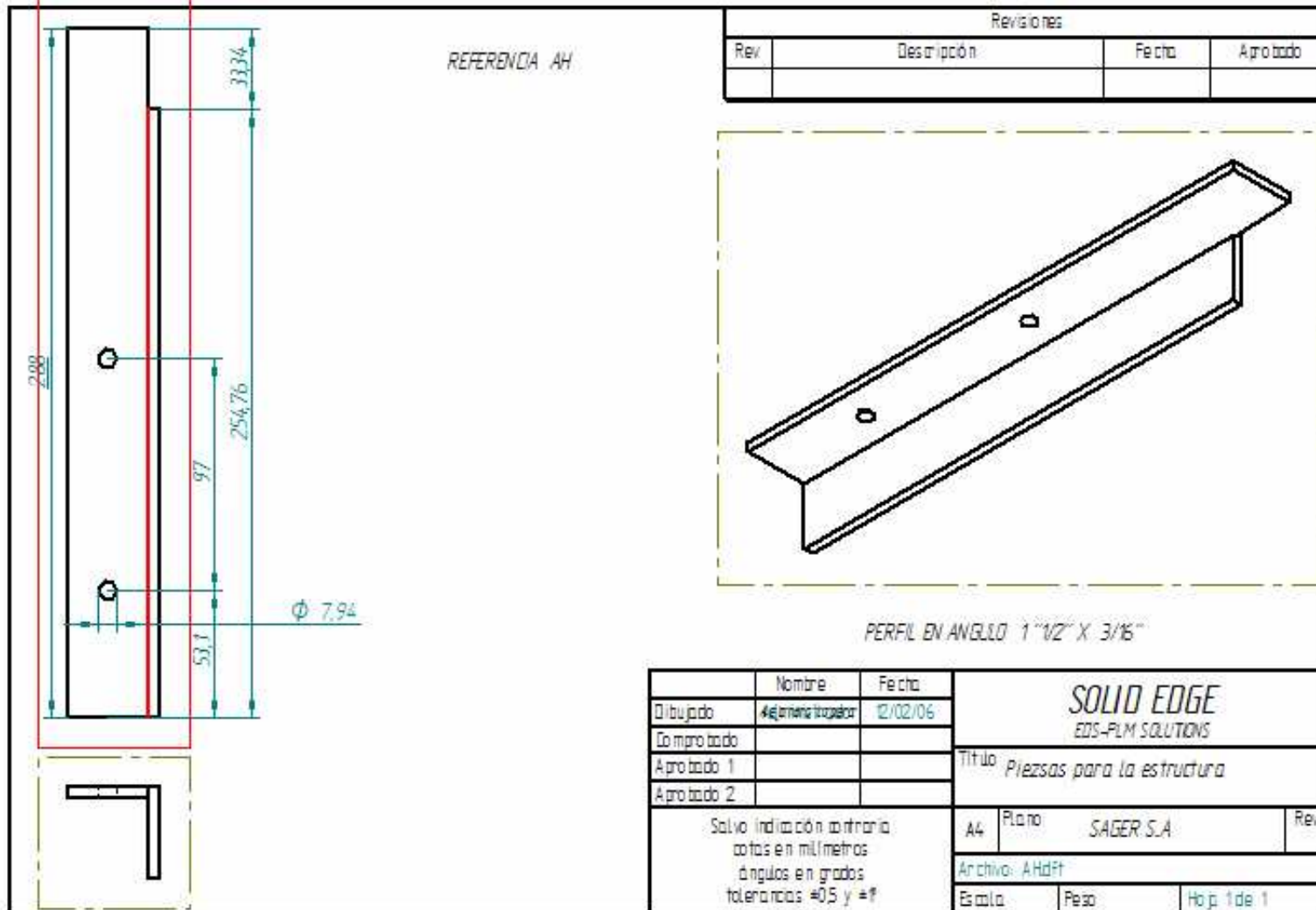
Nombre	Fecha	<b>SOLID EDGE</b> <small>EOS-PLM SOLUTIONS</small>			
Dibujado: Agustin Lopez	12/02/06	Título: Piezas para la estructura			
Comprobado:					
Aprobado 1:					
Aprobado 2:					
Salvo indicación contraria: cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias: ±0.5 y ±°		A4	Plano	SAGER S.A	Re:
		Archivo: AF.dft			
		Escala:	Peso:	Hoja 1 de 1	



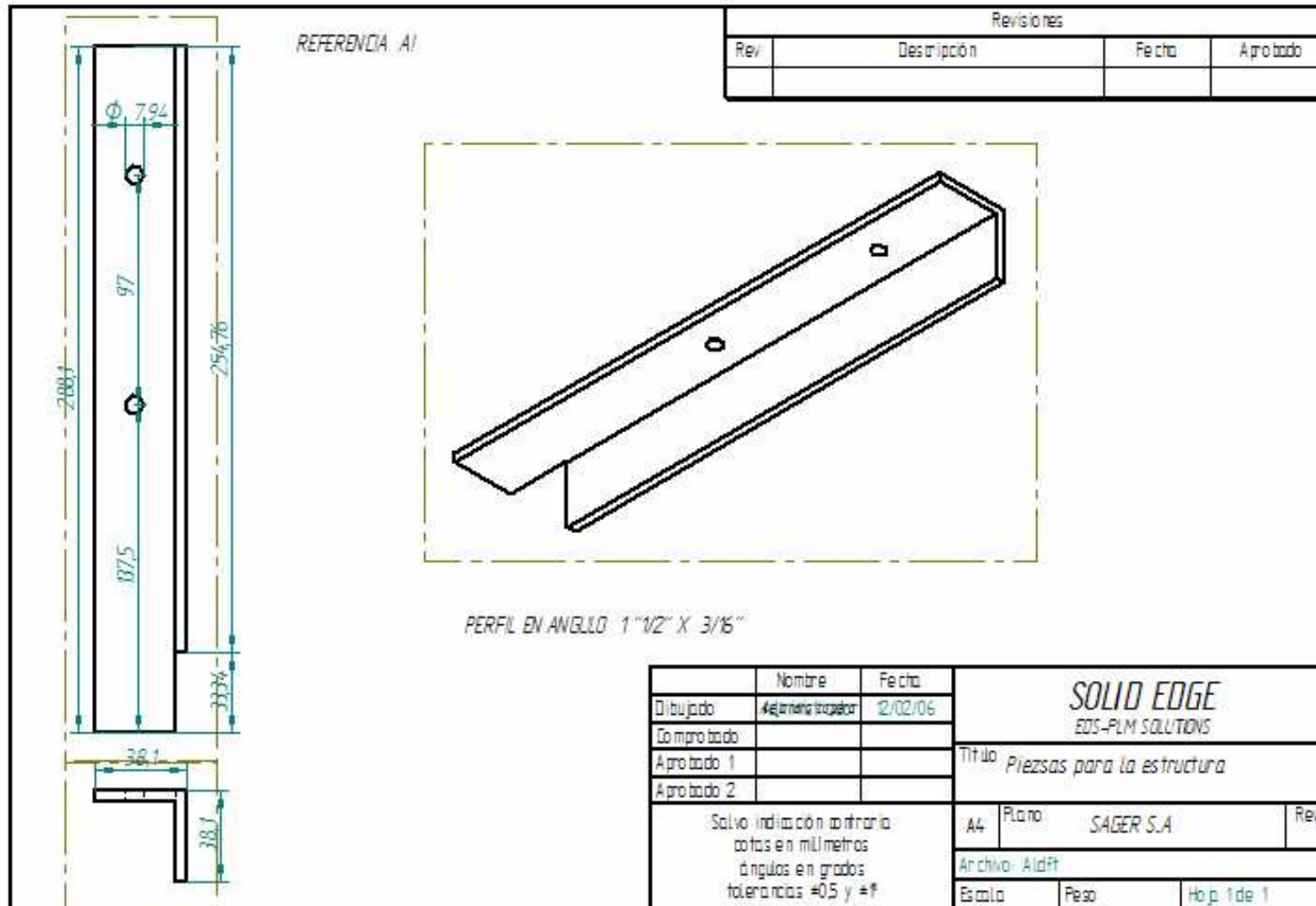
ANEXOS  
REFERENCIA AG  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA



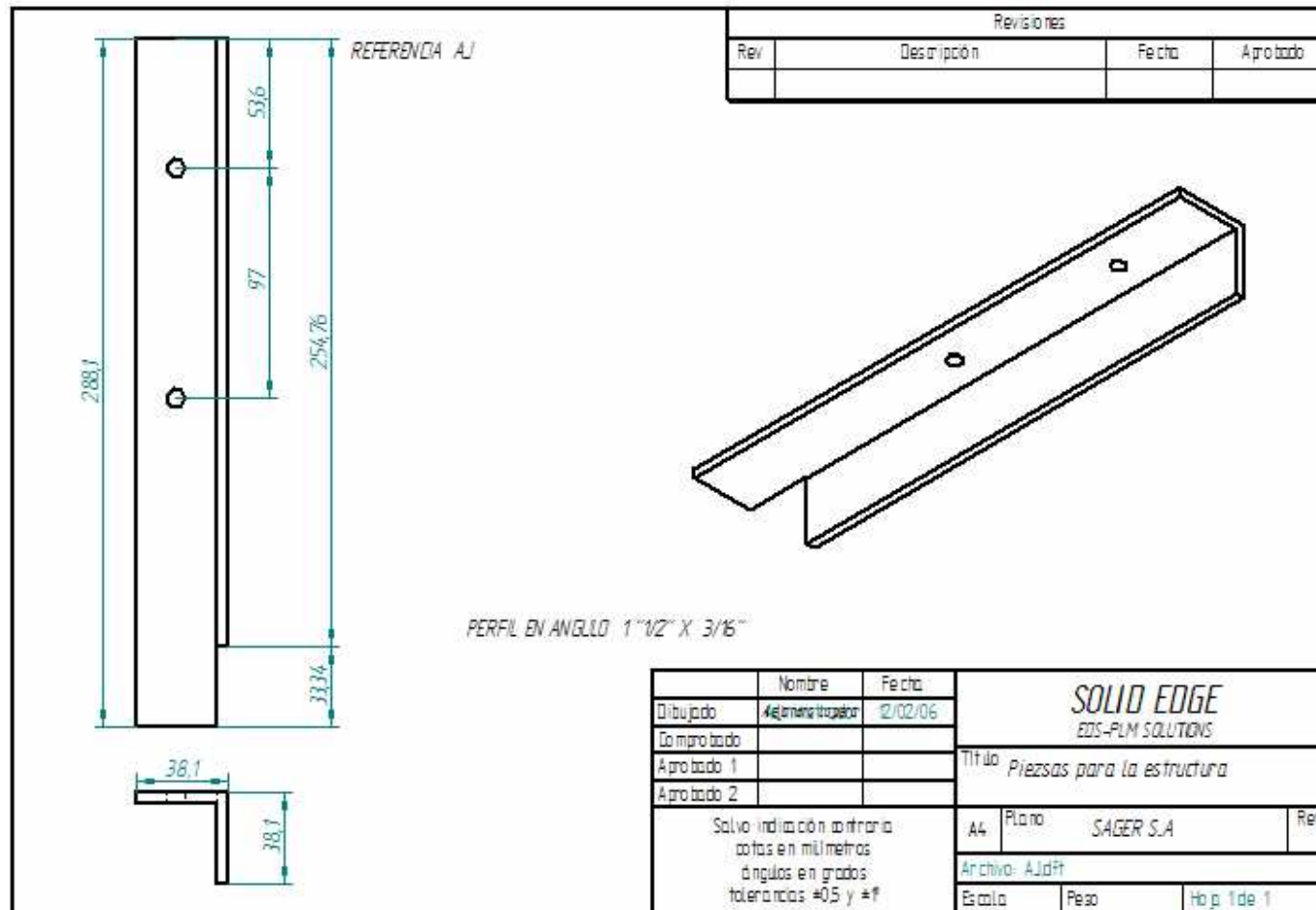
ANEXOS  
REFERENCIA AH  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA



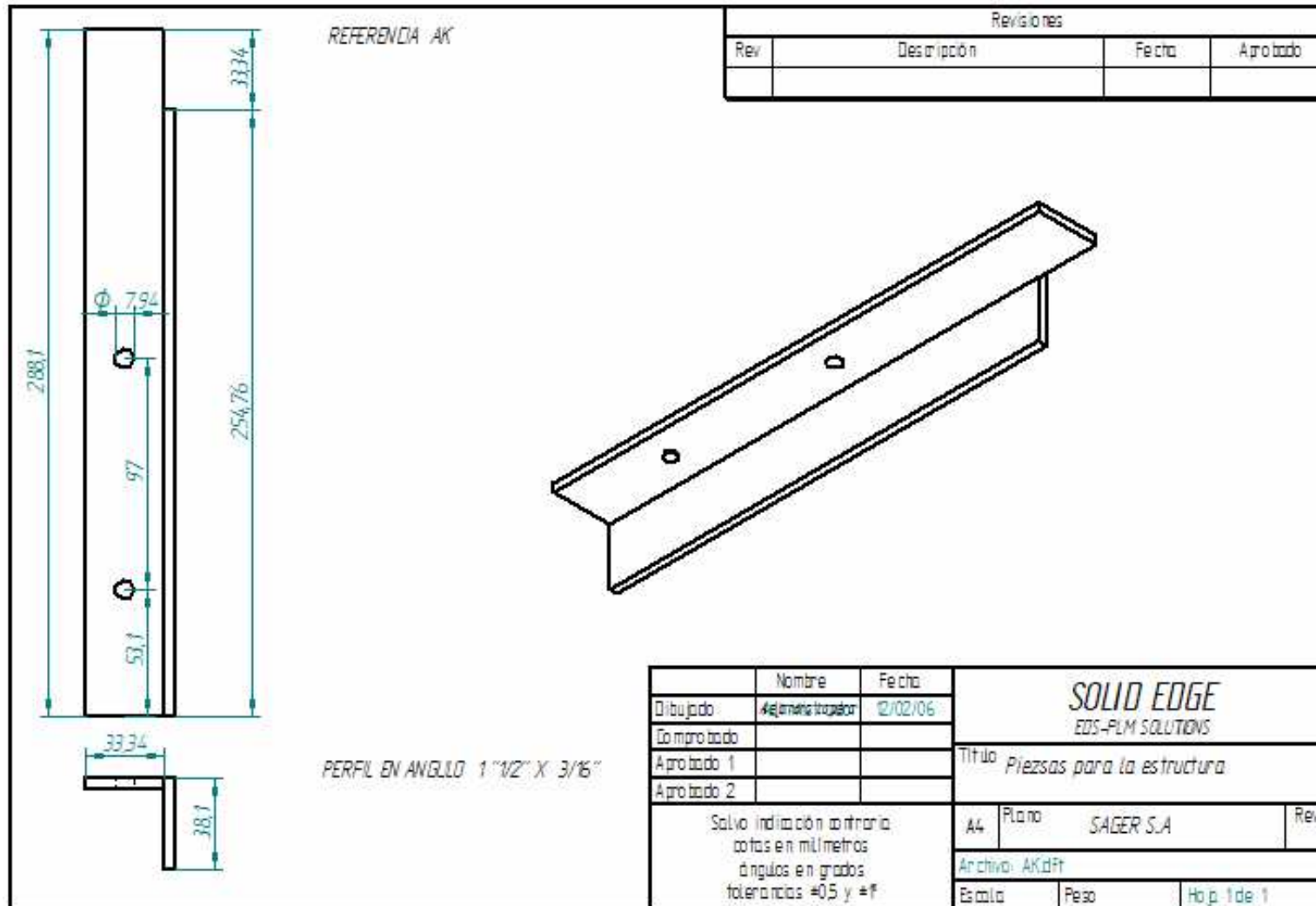
ANEXOS  
REFERENCIA AI  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA



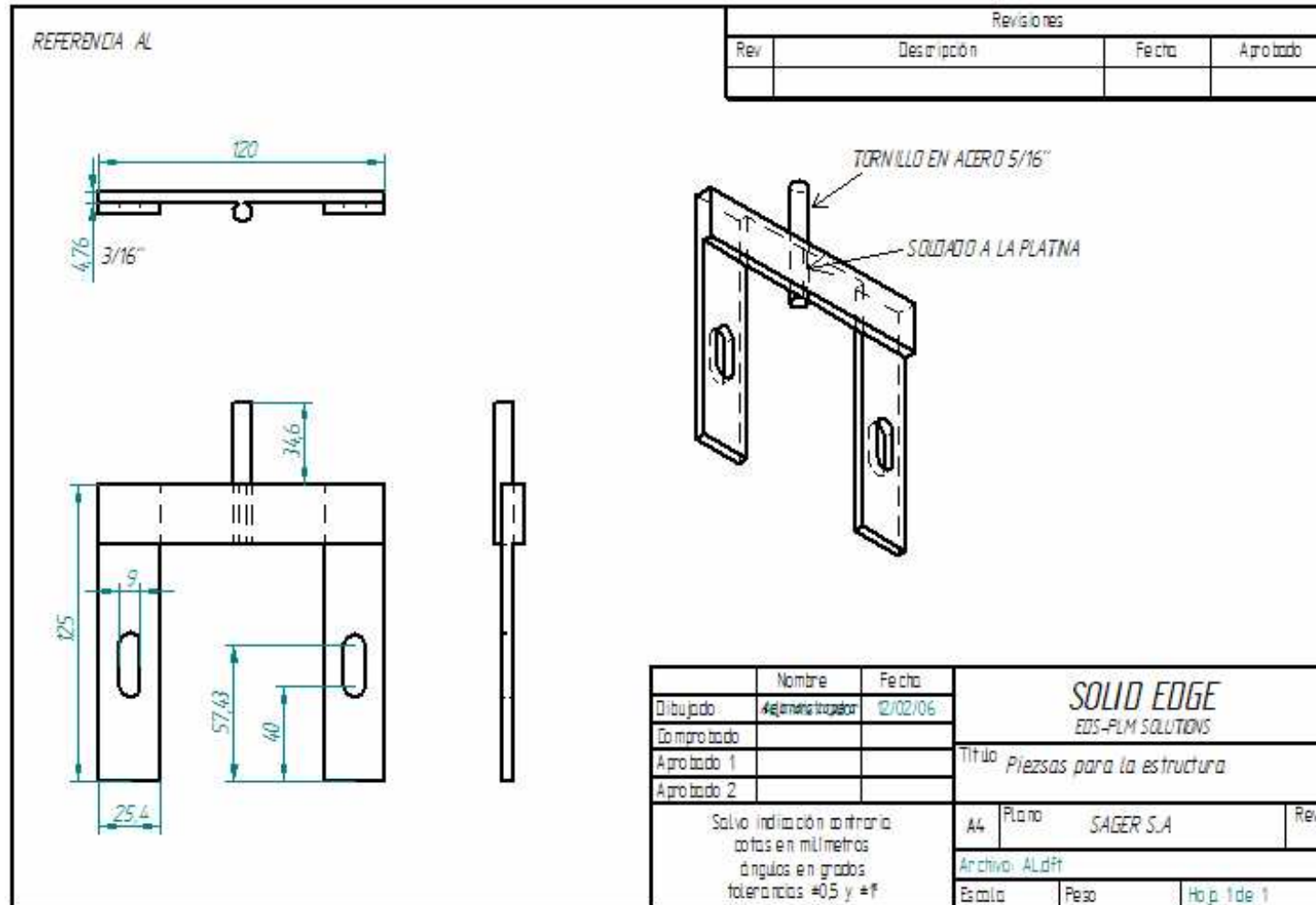
ANEXOS  
REFERENCIA AJ  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA



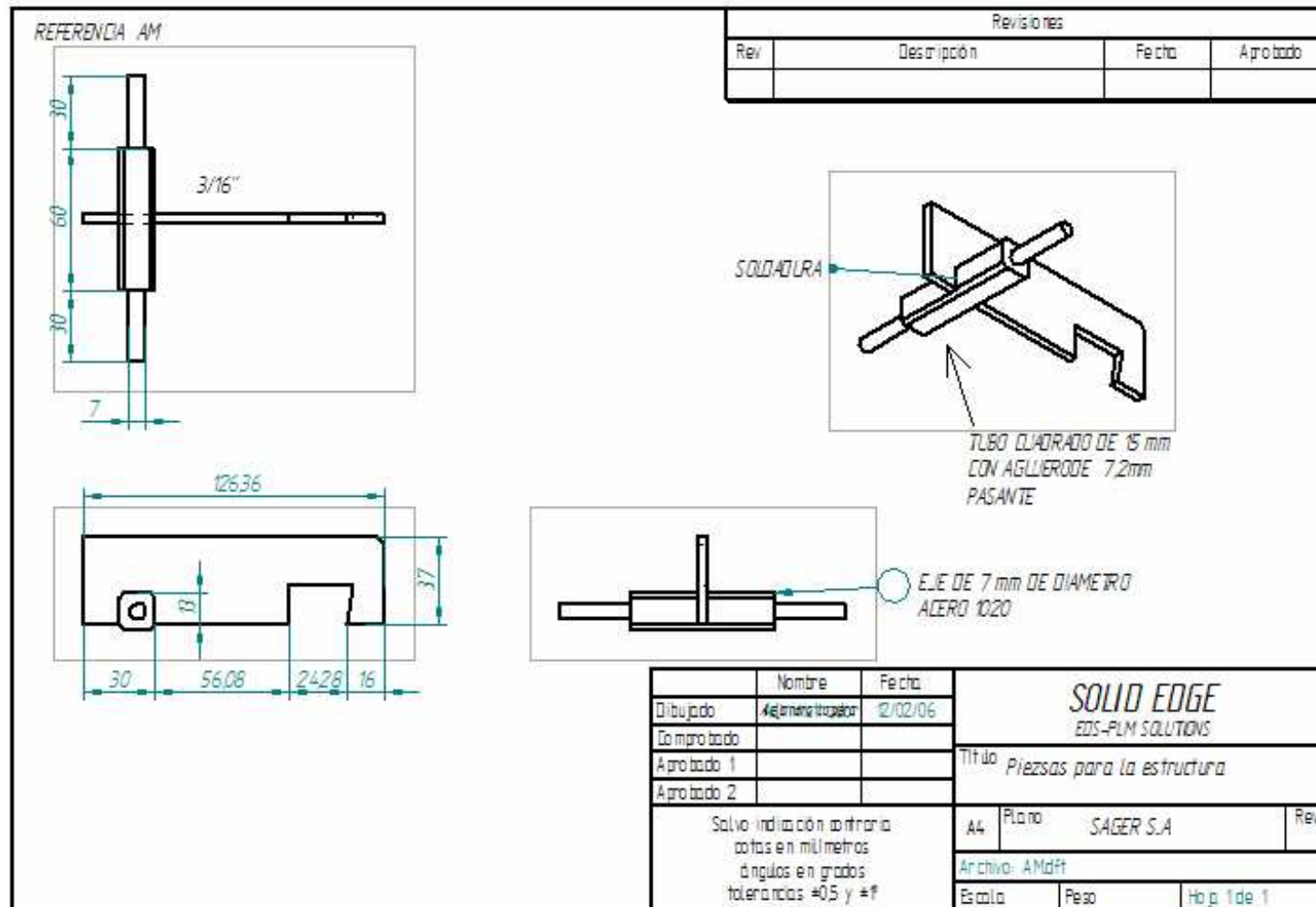
ANEXOS  
REFERENCIA AK  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA



ANEXOS  
REFERENCIA AL  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA



ANEXOS  
REFERENCIA AM  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA

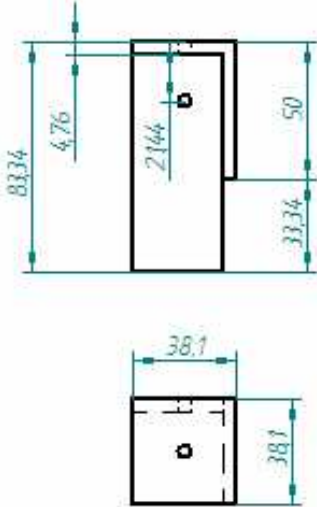


ANEXOS  
REFERENCIA AO  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA

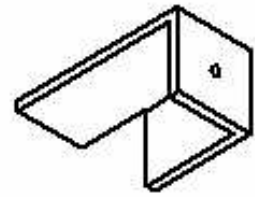
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

REFERENCIA AO



PERFIL EN ANGULO 1 1/2" X 3/16"



Dibujado	Nombre	Fecha	<b>SOLID EDGE</b> EDS-PLM SOLUTIONS	
Comprobado	Alejandra Itagador	12/02/06	Título: <i>Piezas para la estructura</i>	
Aprobado 1				
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria: cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0.5 y ±f			A4	Plano: SAGER S.A
			Archivo: A0dft	
			Escala	Peso
			Hoja 1 de 1	

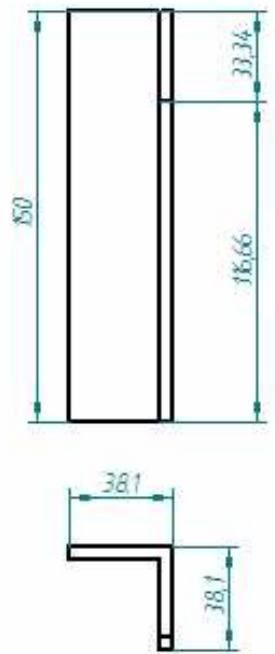


ANEXOS  
REFERENCIA AP  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA

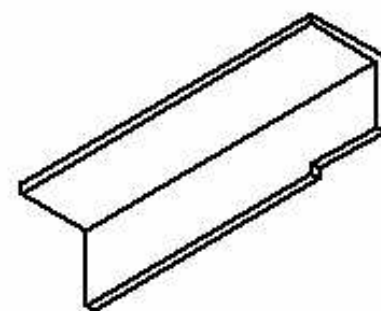
Revisión			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

REFERENCIA AP

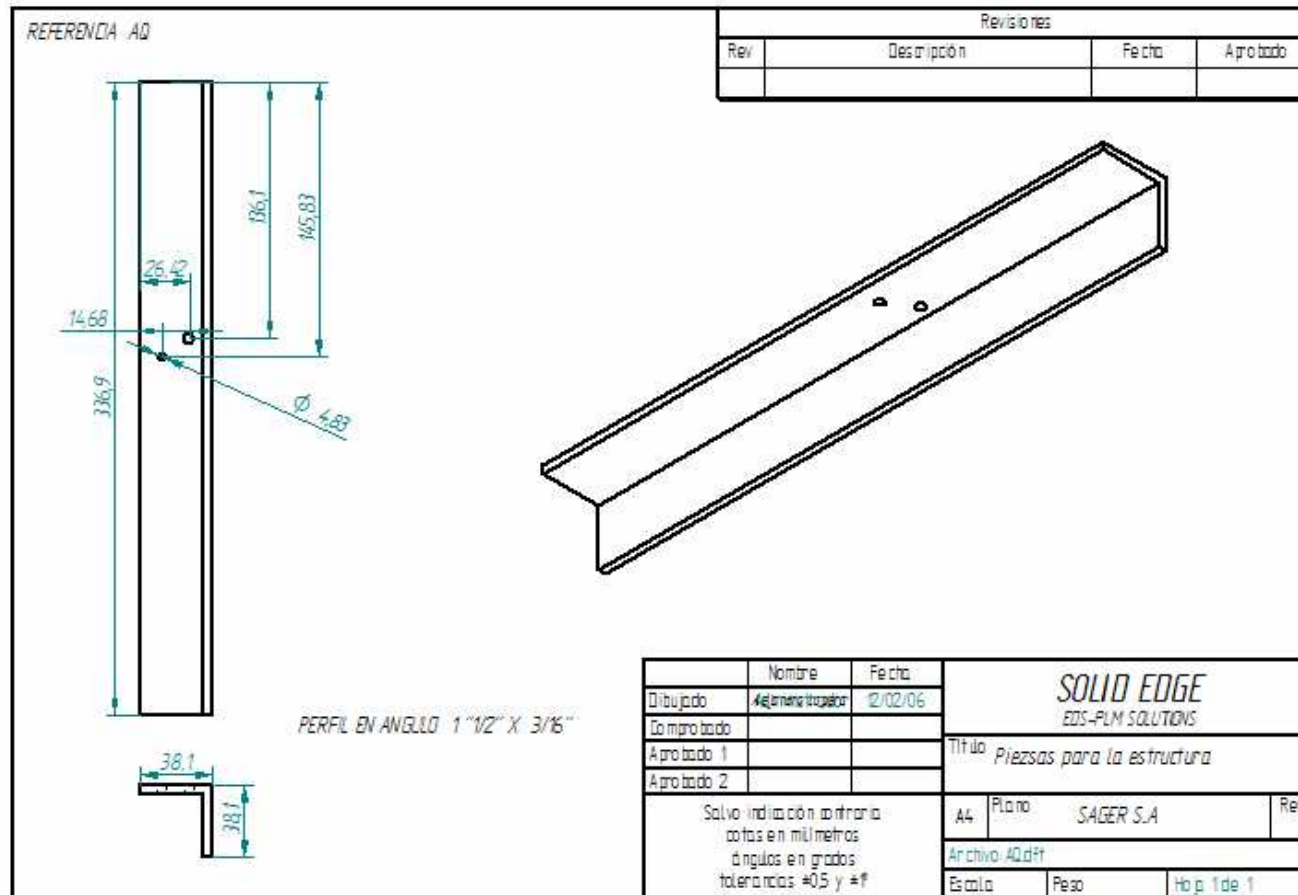


PERFIL EN ANGULO 1 1/2" X 3/16"

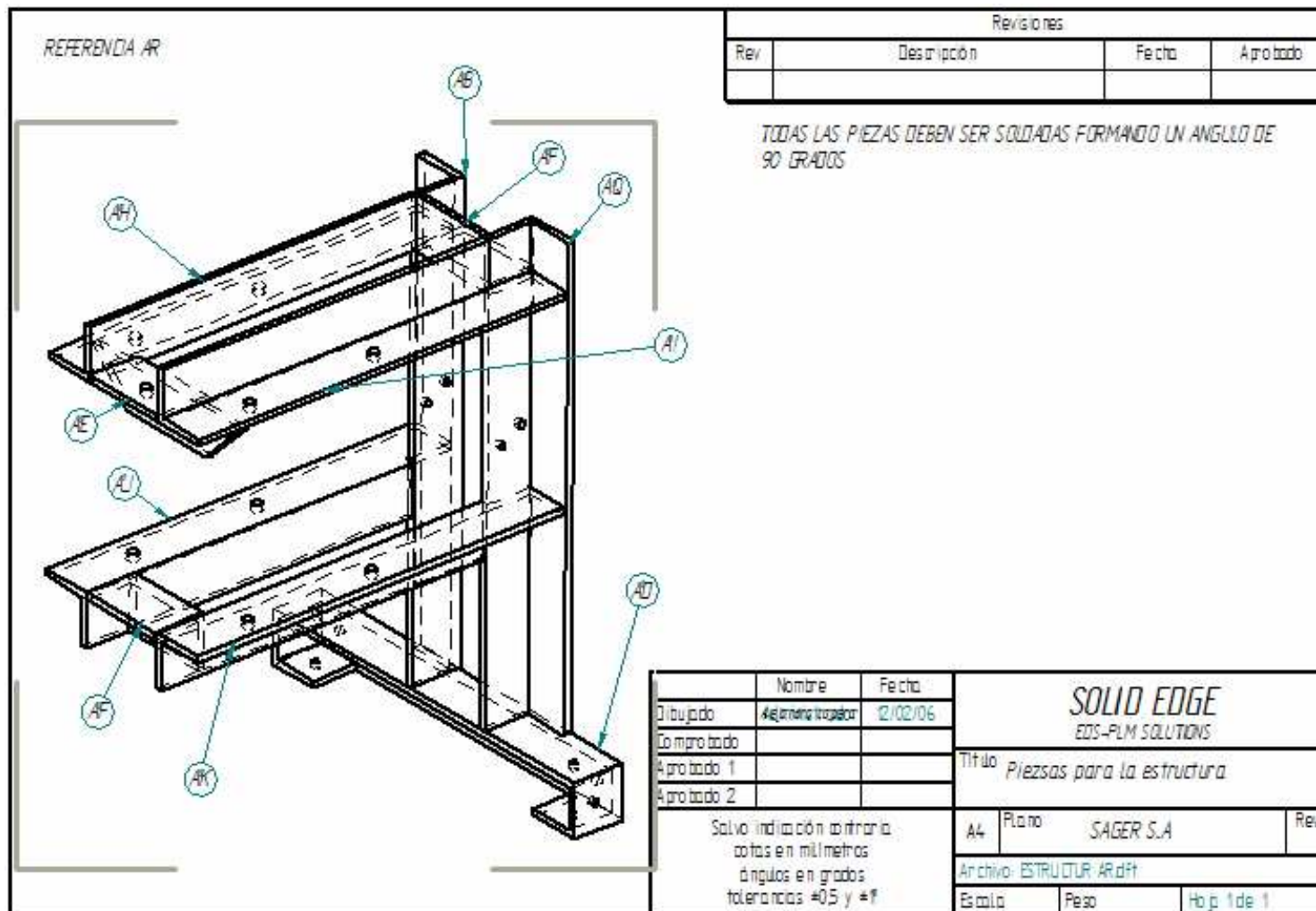


Dibujado	Nombre	Fecha	<b>SOLID EDGE</b> <small>EDS-PLM SOLUTIONS</small>		
Comprobado	Agustina Lopez	12/02/06			
Aprobado 1					
Aprobado 2					
Salvo indicación contraria: cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0.5 y ±1			Título: <i>Piezas para la estructura</i>		
			A4	Plano: SAGER S.A	Rev
			Archivo: AP.dft		
			Escala	Peso	Hojas 1 de 1

ANEXOS  
REFERENCIA AQ  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA



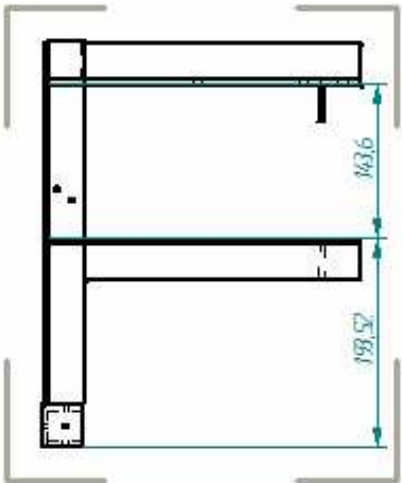
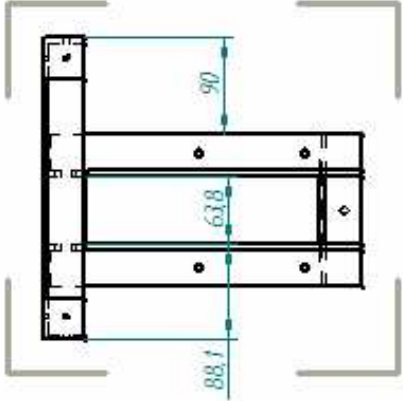
ANEXOS  
REFERENCIA AR  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA



ANEXOS  
REFERENCIA AS  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA

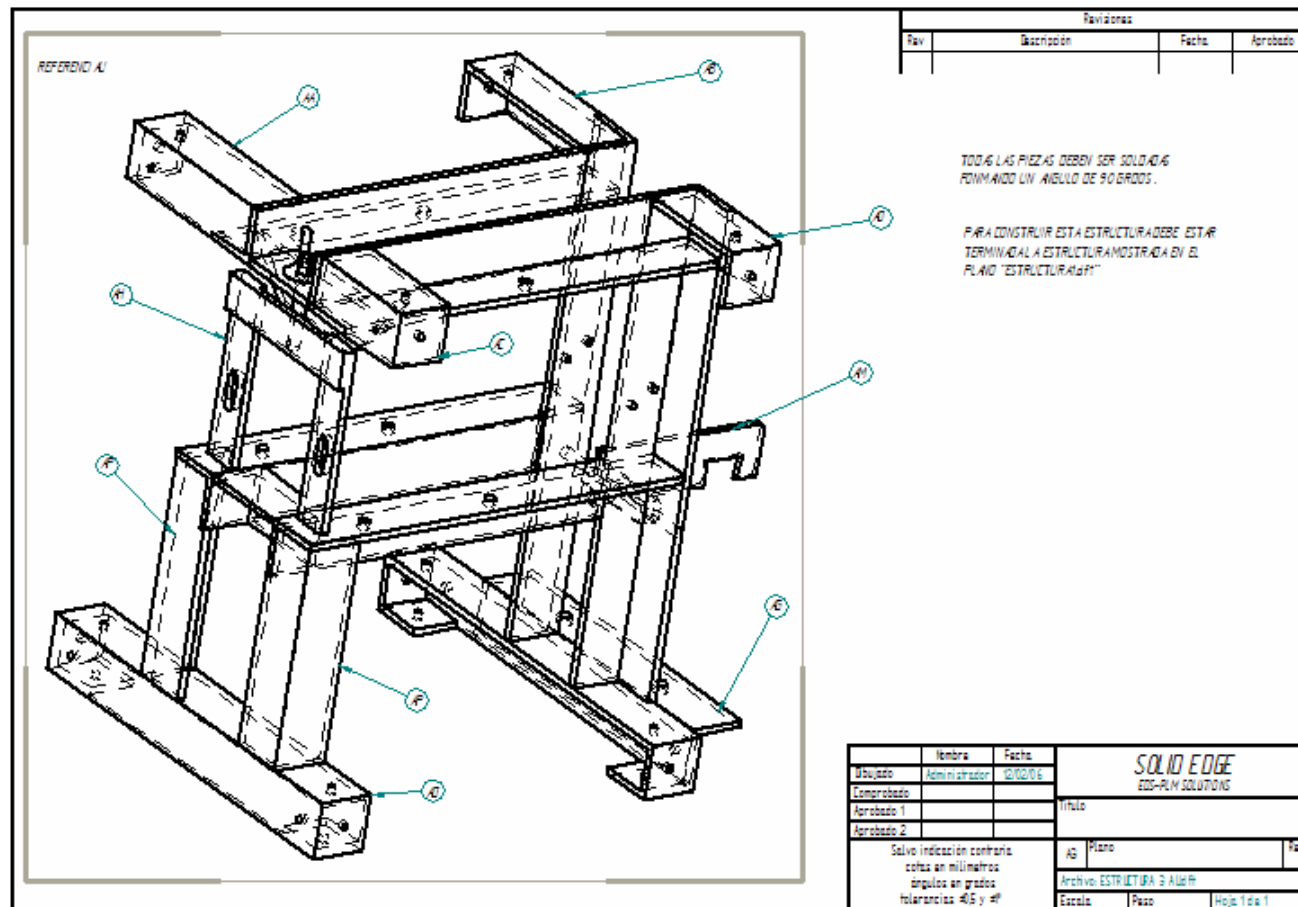
REFERENCIA AS		Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado		

*TODAS LAS PIEZAS DEBEN SER SOLDADAS FORMANDO UN ANGULO DE 90 GRADOS*

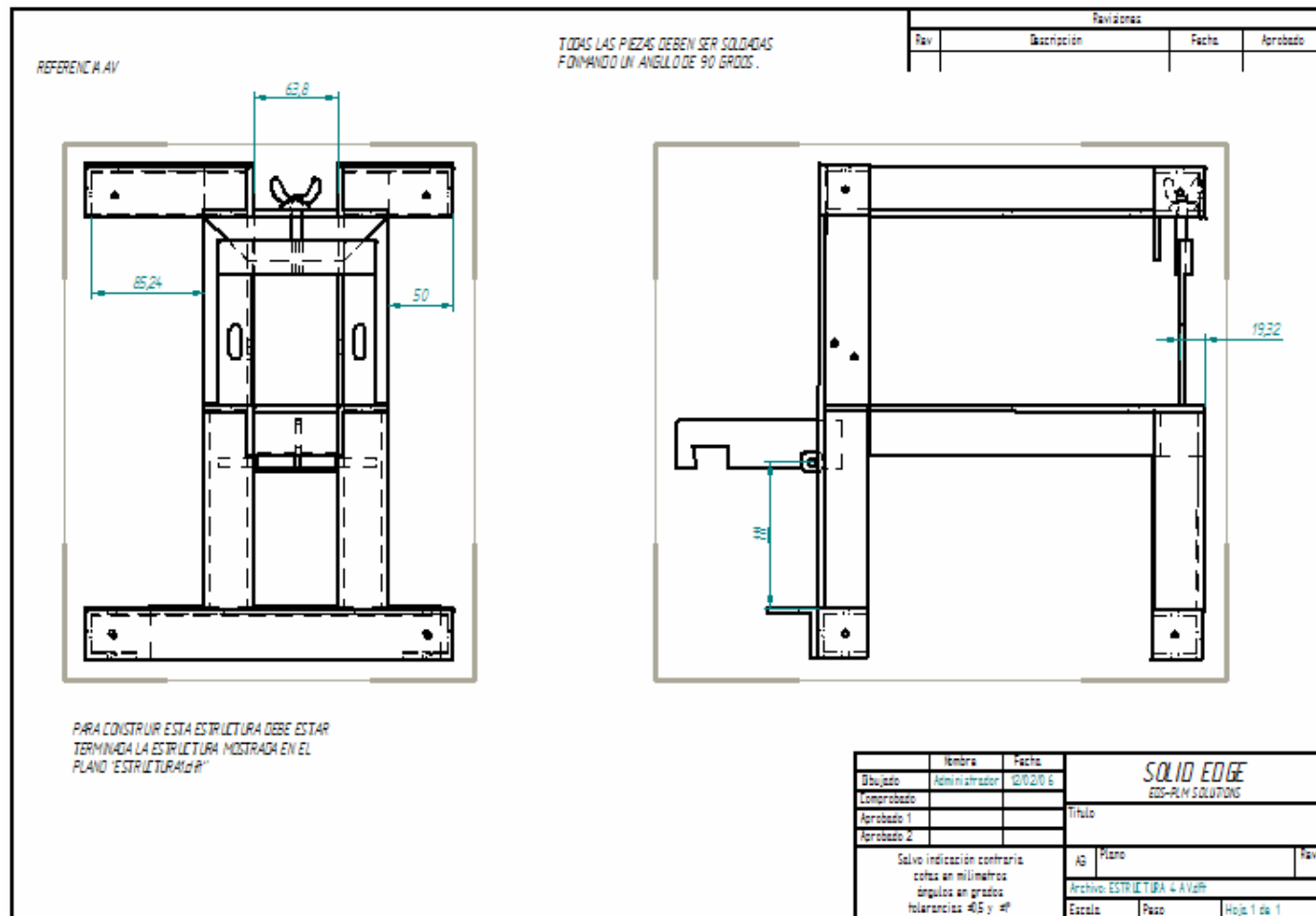



	Nombre	Fecha	<b>SOLID EDGE</b> <i>EDS-PLM SOLUTIONS</i>	
Dibujado	Agustin Iturza	12/02/06	Título <i>Piezas para la estructura</i>	
Comprobado				
Aprobado 1				
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria, cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0.5 y ±1			A4	Plano <i>SAGER S.A</i>
			Archivo: ESTRUCTUR-AS.dft	
			Escala	Peso
			Hoja 1 de 1	

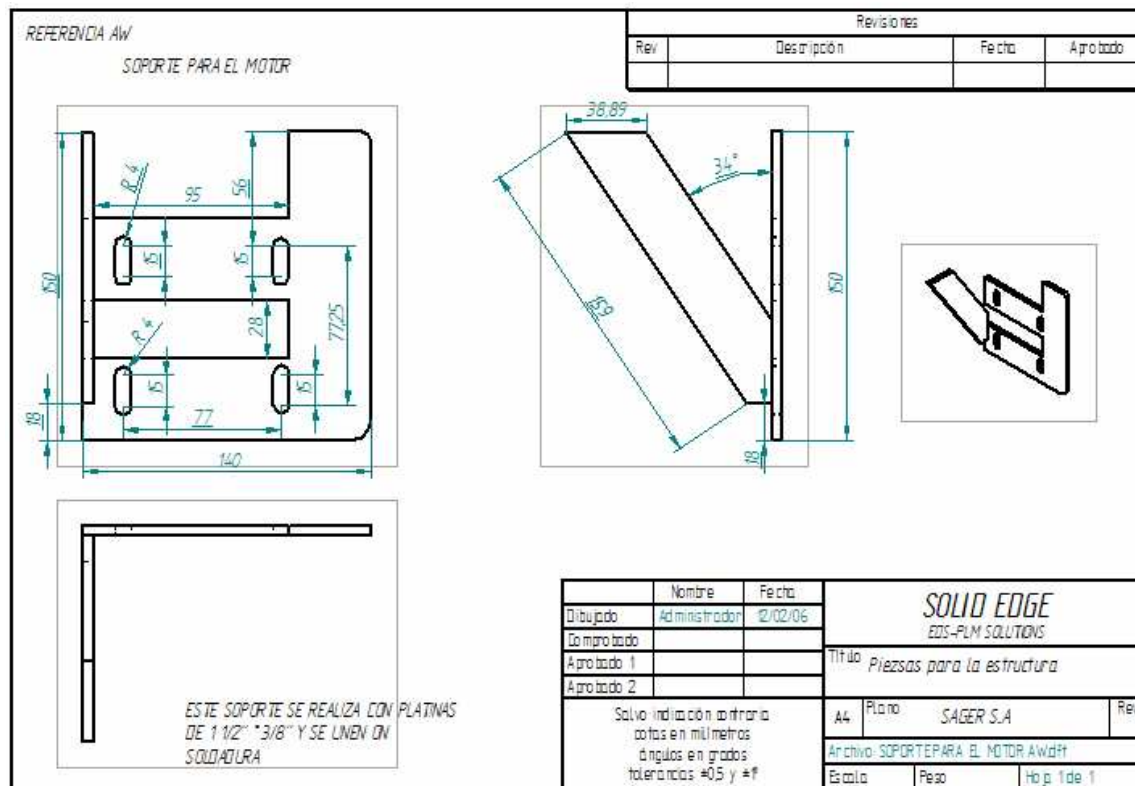
ANEXOS  
REFERENCIA AT  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA



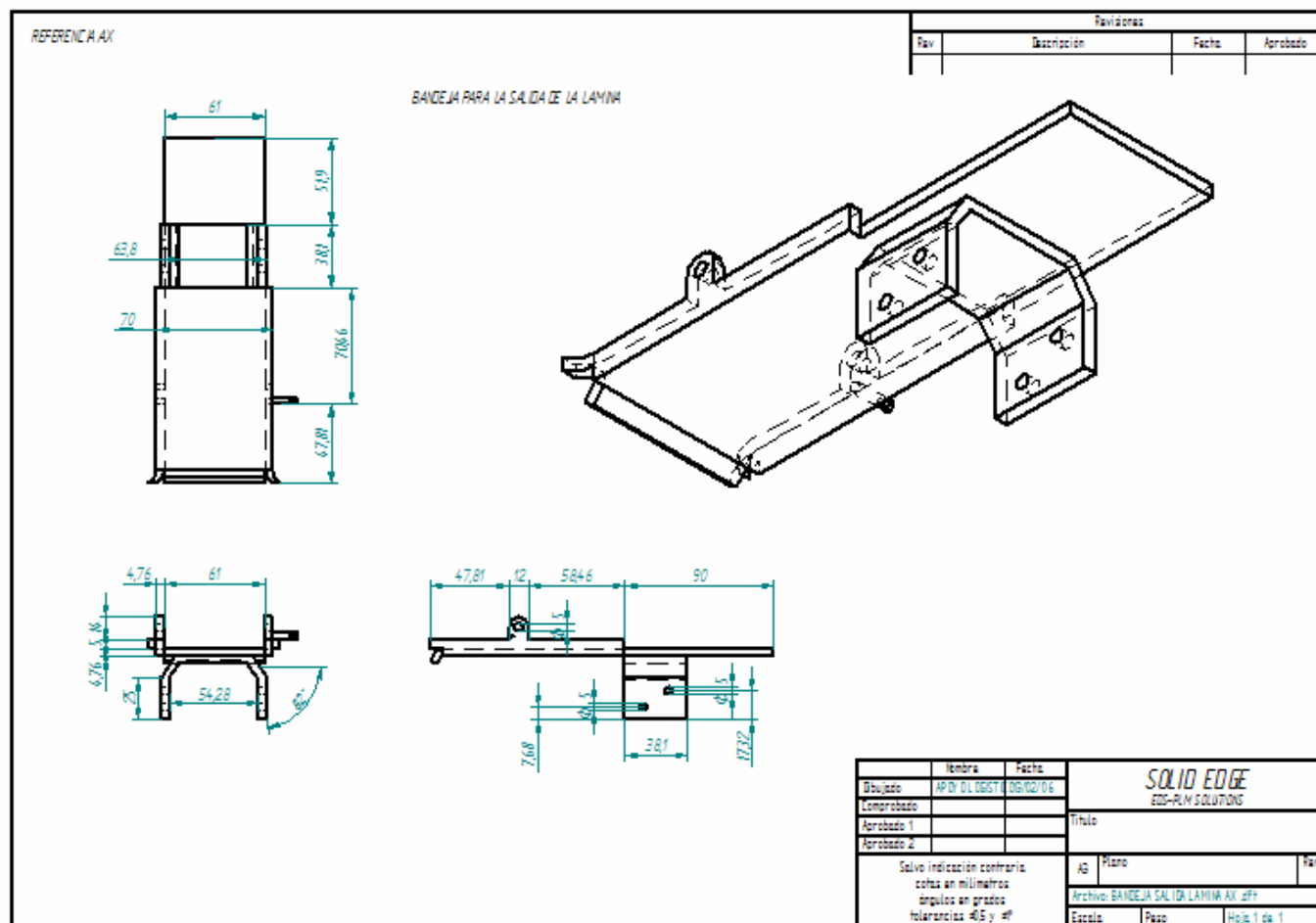
ANEXOS  
REFERENCIA AU  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA



ANEXOS  
REFERENCIA AW  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA

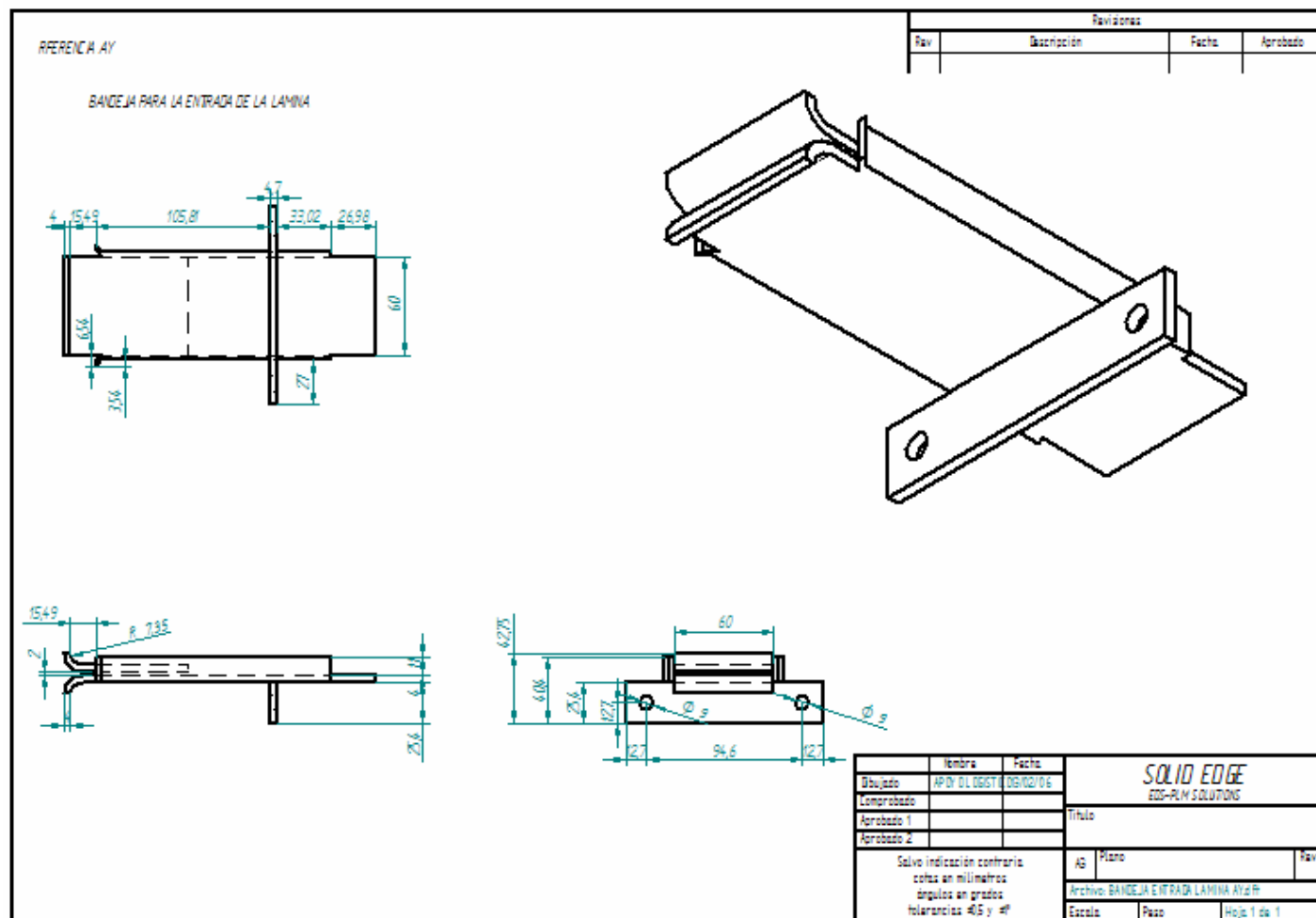


ANEXOS  
REFERENCIA AX  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA





ANEXOS  
REFERENCIA AY  
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA



ANEXOS  
REFERENCIA AZ  
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL TRANSISTOR IRF 830

IRF830

Electrical Characteristics (  $T_c = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-source Breakdown Voltage	$V_{GS} = 0V, I_D = 250\mu A$	500			V
$V_{(BR)DSS} / \Delta T_J$	Breakdown Voltage Temperature Coefficient	Reference to $25^\circ\text{C}$ , $I_D = 1mA$	-	0.61	-	V/ $^\circ\text{C}$
$I_{D(ON)}$	On-State Drain Current (note 2)	$V_{GS} > I_{D(ON)} \times R_{DS(ON)Max}$			4.5	A
$R_{DS(ON)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	$V_{GS} = 10V, I_D = 2.7A$ (note 4)			1.5	$\Omega$
$V_{GS(TH)}$	Gate Threshold Voltage	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\mu A$	2.0	-	4.0	V
$g_f$	Forward Transconductance	$V_{DS} = 50V, I_D = 2.7A$	2.5	-	-	S
$I_{DSS}$	Drain-to-Source Leakage Current	$V_{DS} = 500V, V_{GS} = 0V$	-	-	25	$\mu A$
		$V_{DS} = 400V, V_{GS} = 0V, T_c = 125^\circ\text{C}$			250	
$I_{GSS}$	Gate-to-Source Forward Leakage	$V_{GS} = 20V$	-	-	100	nA
	Gate-to-Source Reverse Leakage	$V_G = -20V$			-100	
$Q_g$	Total Gate Charge	$I_D = 3.1A$	-	-	38	nC
$Q_{gs}$	Gate-to-Source Charge	$V_{DS} = 400V$	-	-	5.0	
$Q_{gd}$	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	$V_{GS} = 10V$ (note 4)			22	
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	$V_{DD} = 250V$	-	8.2	-	ns
$T_r$	Rise Time	$I_D = 3.1A$	-	16	-	
$t_{d(off)}$	Turn -Off Delay Time	$R_G = 12\Omega$	-	42	-	
$T_f$	Fall Time	$R_D = 79\Omega$ (note 4)	-	16	-	
$L_D$	Internal Drain Inductance	Between lead 6mm (0.25in.) from package and center or die contact	-	4.5	-	nH
$L_S$	Internal Source Inductance		-	7.5	-	
$C_{iss}$	Input Capacitance	$V_{GS} = 0V$	-	610	-	pF
$C_{oss}$	Output Capacitance	$V_{DS} = 25V$	-	160	-	
$C_{rss}$	Reverse Transfer Capacitance	$F = 1.0MHz$	-	68	-	

Source-Drain Rating Characteristics

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$I_S$	Continuous Source Current (Body Diode)	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.	-	-	4.5	A
$I_{SM}$	Pulsed Source Current (Body Diode) (Note 1)		-	-	18	
$V_{SD}$	Diode Forward Voltage (note 4)	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_S = 2.5A, V_{GS} = DV$	-	-	1.6	V
$t_{rr}$	Reverse Recovery Time	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_F = 2.1A$	-	320	640	ns
$Q_{rr}$	Reverse Recovery Charge	$di/dt = 100A/\mu s$ (Note 4)	-	1.0	2.0	$\mu C$
$t_{on}$	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $(L_S + L_D)$ )				

Notes: 1. Repetitive Rating; pulse width limited by max. junction temperature.  
2.  $V_{DD} = 50V$ , starting  $T_J = 25^\circ\text{C}$ ,  $L = 24mH, R_G = 25\Omega, I_{AS} = 4.5A$   
3.  $I_{SD} \leq 4.5A$ ,  $di/dt \leq 75A/\mu s$ ,  $V_{DD} \leq V_{(BR)DSS}$ ,  $T_J \leq 150^\circ\text{C}$   
4. Pulse with  $\leq 300\mu s$ ; duty cycle  $\leq 2\%$

## ANEXOS

### REFERENCIA BA

### DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA FUENTE Y LOS DRIVERS PARA LOS ACTUADORES HOJA2

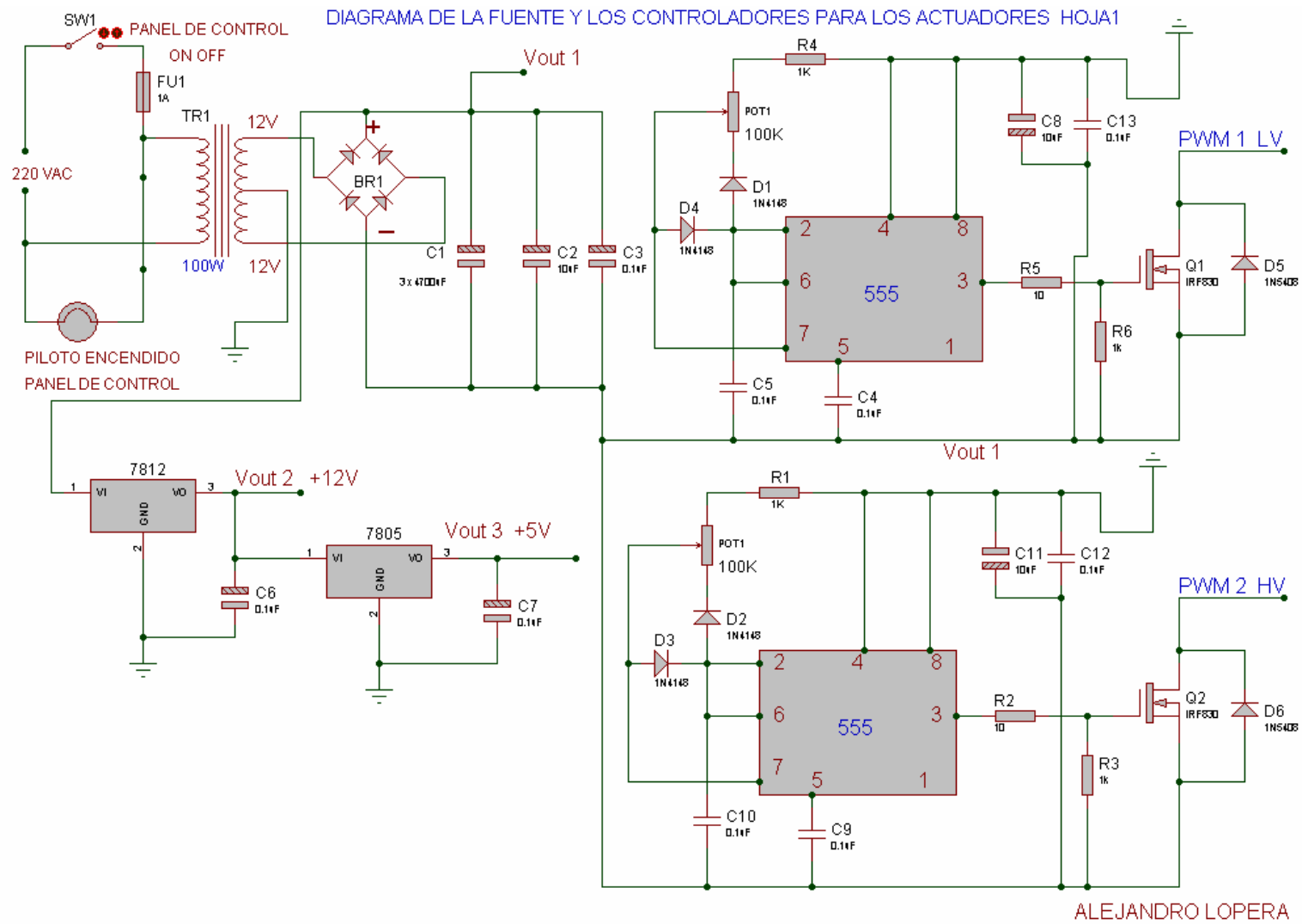
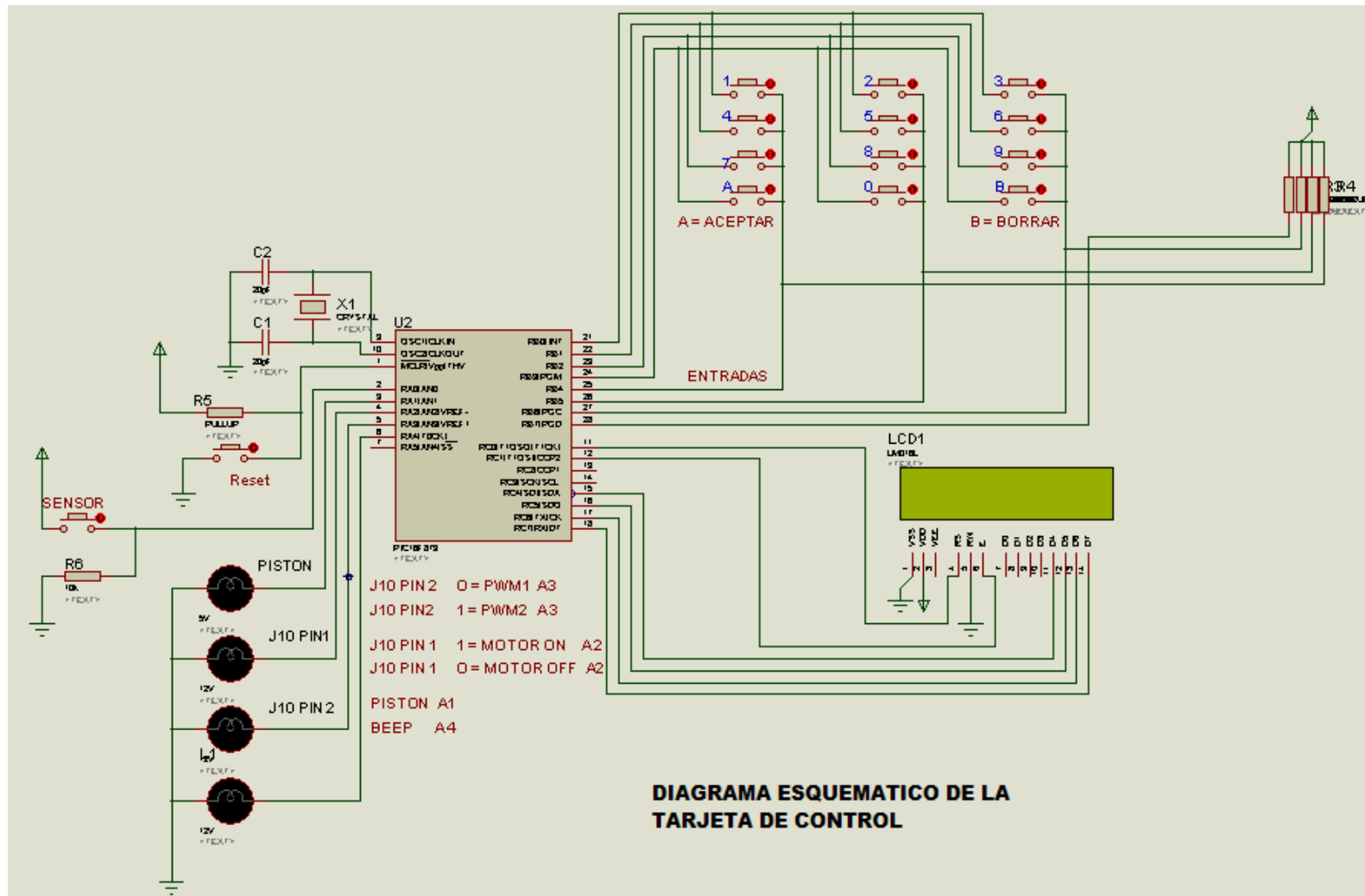


DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA FUENTE Y LOS DRIVERS PARA LOS ACTUADORES HOJA2



ANEXOS  
REFERENCIA BC  
DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA TARJETA DE CONTROL



## ANEXOS

### REFERENCIA BD

### DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE EQUIPOS DE SOLDADURA

